www.radio.ru

10 • 2017

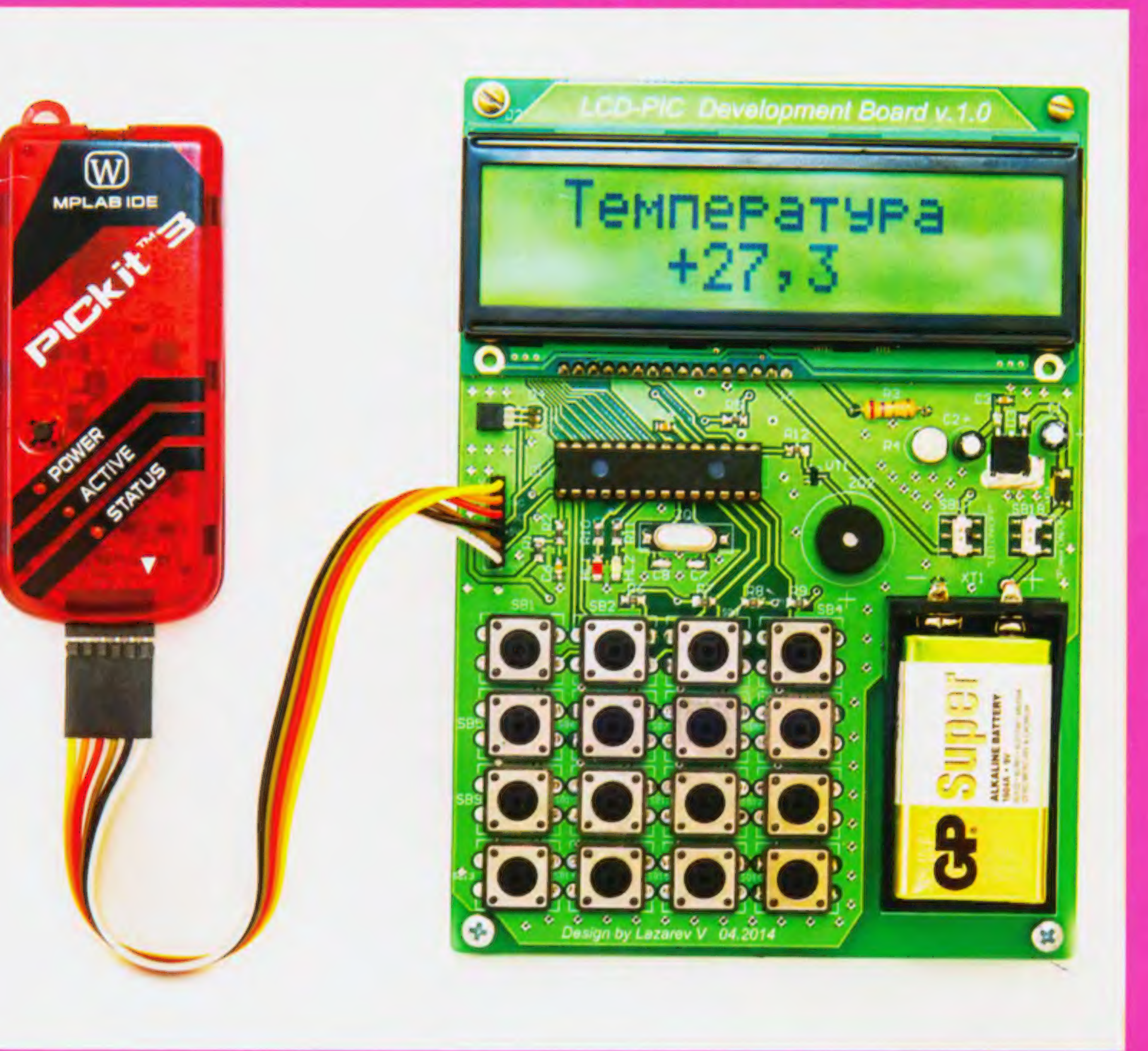
РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ОТЛАДОЧНАЯ ПЛАТА

ТЕРМОМЕТР







СИГНАЛИЗАТОР ПОЛИВА

- Ленточная СЧ-головка в АС
- Выходной каскад УМЗЧ
- Блок питания на ARDUINO
- Генератор сигналов на DDS

...и ещё 15 конструкций



ISSN-0033-765X
9 770033 765009
17010

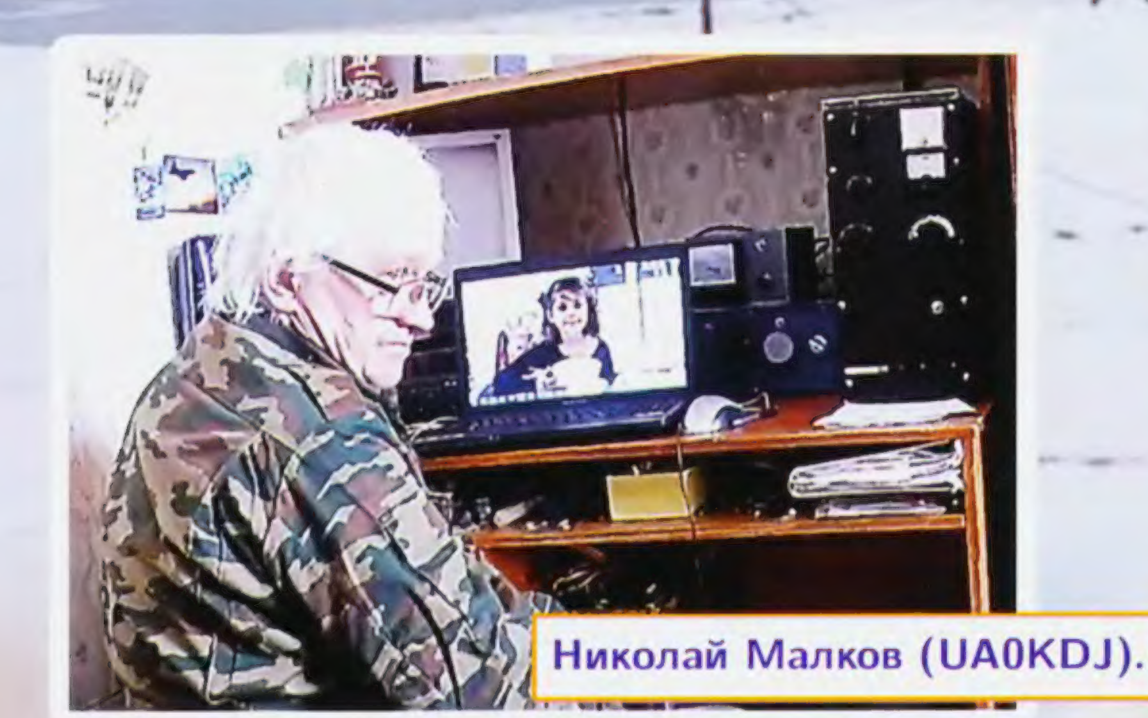
10
2017

Экспедиция R71RRC, или третье открытие острова Аракамчечен

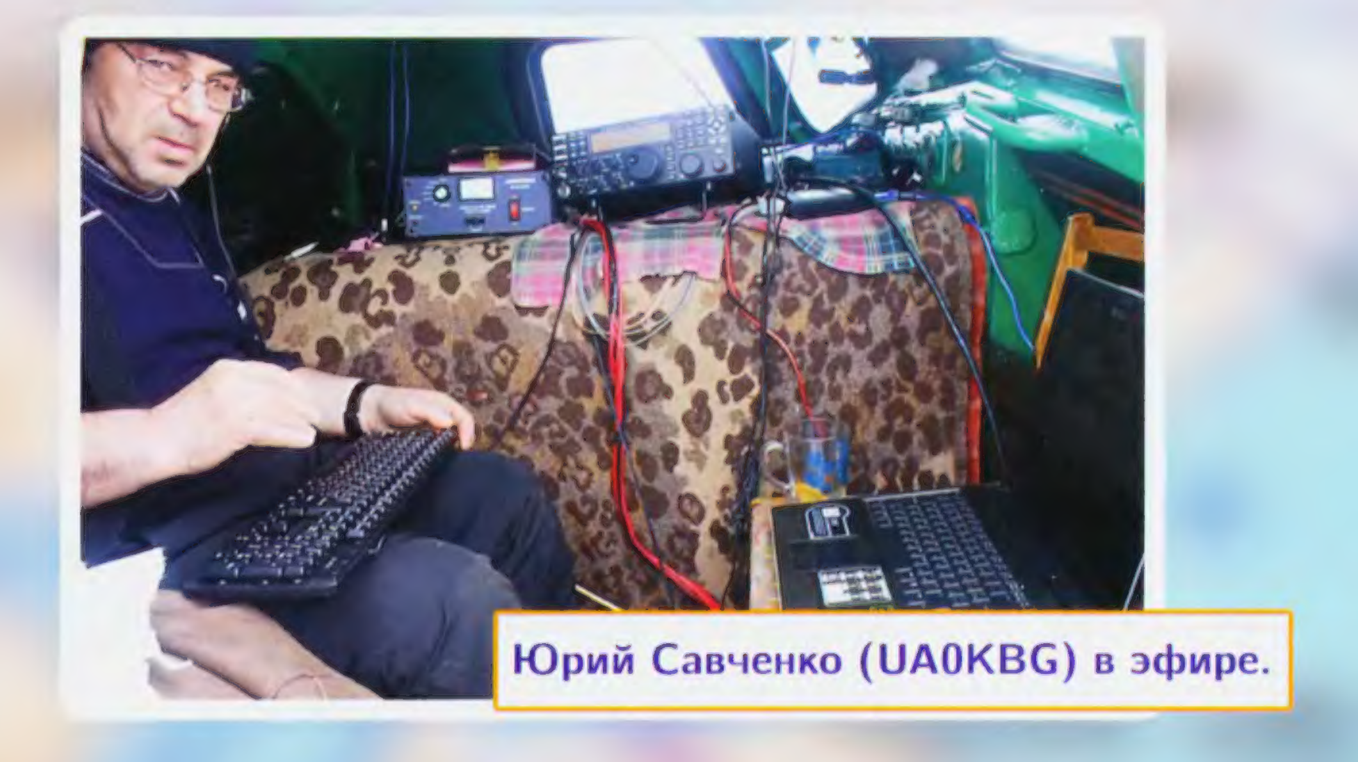
Юрий САВЧЕНКО (UA0KBG), п. Угольные копи-3, Чукотский автономный округ

Boeing-767 авиакомпании U-Tair после короткой пробежки легко оторвался от взлётно-посадочной полосы аэропорта «Анадырь» и взмыл в блёклое чукотское небо. На борту самолёта Виктор и Александр, которые после завершения радиоэкспедиции возвращаются домой в Москву. А начиналось всё так...

(см. статью на с. 59)



Николай Малков (UA0KDJ).



Юрий Савченко (UA0KBG) в эфире.



Водитель снегохода Андрей Соболев (слева) и водитель вездехода Александр Густ.



Усилитель и трансивер готовы к работе.



Остановка на ремонт вездехода.



Александр Густ (слева) и Андрей Соболев пополняют запасы воды.

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Отладочная плата (см. статью на с. 32), комбинированный термометр (см. статью на с. 40), сигнализатор необходимости полива комнатных растений (см. статью на с. 50).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

"ЗЕЛЁНЫЙ ГЛАЗ" НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ
СИГНАЛИЗАТОРЫ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ
СВЕТОДИОДНЫЙ КУБ НА ARDUINO
ПРИЁМ РАДИОСИГНАЛОВ НА ЧАСТОТЕ 8 кГц

Тираж журнала «Радио» № 9 сдан для рассылки подписчикам 04.09.2017 г.



10•2017
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.09.2017 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 17-09-00229.

НЕСПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И НАВИГАЦИИ

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"С жёнами спорить бесполезно. С ними даже навигатор соглашается".
(из памятки молодожёнам)

Прелюдия

Эта история началась не сегодня и не вчера. И не в России. Просто прошло время, и её плоды стали, как говорится, видны налицо.

Не так давно капитан американского судна, находящегося неподалёку от Новороссийска, обнаружил, что спутниковая система глобального позиционирования GPS неверно установила его местоположение и показывает, будто судно находится у шашлычной Жорика Вартанова, что в аэропорту Геленджика. Не найдя изъянов в работе навигационного оборудования, капитан связался с соседними судами и узнал, что все они также "в гостях" у Жорика. И вот уже New Scientist написал, что "сообщения о проблемах со спутниковой навигацией на Чёрном море наводят на мысль, что Россия, возможно, испытывает новую систему спуфинга (маскировки путём искажения данных)". Применительно к спутниковой системе спуфинг — это фальшивый сигнал с наземной станции, имитирующий работу спутника и вводящий в заблуждение абонентский приёмник. Далее было написано, что, по-видимому, "Россия экспериментирует с новой формой электронного оружия. В прошлом году GPS-спуфинг хаотически нарушал работу приёмников в приложениях для смартфонов в центре Москвы. Фальшивый сигнал, который, похоже, концентрируется вокруг Кремля, "перебрасывает" всех, кто оказывается неподалёку, на 32 км — в аэропорт Внуково. Вероятно, это делается в целях обороны, ведь многие управляемые бомбы, ракеты и беспилотники НАТО руководствуются GPS-навигацией, а успешный спуфинг не даст им поразить цели". Ну а Жорик, по-видимому, делает это в маркетинговых целях, расширяя виртуальную клиентскую базу.

Впрочем, если журналисты и "откопали" здесь что-то новое, то разве что "технологию концентрации сигнала вокруг Кремля". Не иначе, этому помогают рубиновые звёзды на башнях. В остальном же — ничего нового. Испытания систем, позволяющих подавить GPS-сигналы, уже проводились, и данная технология достаточно отработана для того, чтобы быть применённой на практике. В 2013 г., например, один из специалистов Техасского университета демонстрировал, как GPS-спуфинг может сбить с курса яхту с новейшим оборудованием. Ну а если вы считаете, что можете запустить нечто прямо в чьё-то окно, то сегодня не стоит удивляться, если это нечто вдруг влетит прямо в то окно, из которого отдали приказ о его запуске.

Двойное применение системы GPS было заложено ещё в самом начале её развития. Во времена войн США с Ираком официальный представитель министерства обороны США заявил, что американские военные способны подавлять сигналы GPS гражданского диапазона регионально и от этой возможности отказываться не собираются, а подавление доступа к GPS в невоенном диапазоне в пределах театра боевых действий может существенно ослабить возможности вооружённых сил Ирака. Доступ гражданских пользователей во всём мире к высокоточным сигналам GPS, ранее доступным только военным и специальным правительственным службам США, открыл своим указом 1 мая 2000 г. президент США Билл Клинтон. До этого момента гражданские сигналы GPS намеренно загрублялись, чтобы снизить точность опре-

деления координат (примерно в пять раз). Гражданские сигналы системы GPS используют так называемый код **C/A** (coarse/acquisition). Военные — так называемый "высокоточный" код **P** (precise code), который передаётся в более широкой полосе частот, чем гражданский. Это позволяет поставить гражданскому сигналу узкополосную помеху, тогда как военный будет продолжать функционировать. Постановщики помех могут быть размещены на возвышенных участках местности, на высоких антеннах или на борту специализированных самолётов.

Говорят, что локальное загрубление сигналов GPS уже имело место в ходе боевых действий в Афганистане, чтобы вооружённые GPS-приёмниками силы Талибана подольше блуждали по горам. А во время иракских событий целая флотилия рыбаков не один день блуждала по Индийскому океану в поисках дороги к дому, удивляясь на свои GPS-приёмники. Южнокорейские рыболовные суда в последнее время всё чаще раньше времени возвращаются в порт, когда у них пропадает GPS-сигнал. Ответственность возлагают на Северную Корею, которая, предположительно, глушит сигнал, но этого не признаёт. Сообщалось также, что в 2014 г. и 2015 г. аналогичная проблема прервала операции Береговой охраны США в двух портах, но компетентные лица не уточняли, в каких именно.

Как бы то ни было, вот вам и ещё один вид электронного оружия, о котором давно знают военные, а теперь и журналисты. А иногда в роли "оружия" выступает и сам абонентский приёмник. Впрочем, сама система или помехи не всегда виноваты. Однажды молодая девушка из канадской провинции Онтарио едва не погибла, доверившись указаниям GPS-навигатора, который ночью в дождь направил автомобиль к нужному пункту прямо через озеро. К счастью, погрузившись в него, девушка успела опустить стекло и выбраться наружу.

Смена концепции

Делать нечего, как GPS, так и другие глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), вынуждены были сменить концепцию развития и подстраховываться системами, построенными на немного других принципах. И вся эта сегодняшняя доступность, высокая точность и низкая стоимость услуг ГНСС для потребителей имеют "обратную сторону медали" в лице уязвимости от помех. Для маломощных сигналов ГНСС (в частности, GPS передаёт сигнал со спутников, находящихся на расстоянии 20 тыс. км от поверхности Земли и, разумеется, имеющих ограничения по энергетике) возрастает опасность внешних атак с подменой сигнала и наведением преднамеренных помех, а также снижения производительности в некоторых операционных средах.

Всё это подвело тех, кто принимает решения, а также представителей пользовательских сообществ к необходимости пересмотреть свои ожидания по части использования GPS в сторону поиска APNT-ресурсов (APNT — Alternative Positioning, Navigation and Timing — альтернативное позиционирование, навигация и синхронизация). Как видно из названия, там ещё присутствует точное время, которое сегодня также часто берётся от ГНСС. А если в двух словах, то из-за угрозы кибератак судоходная отрасль отказывается от GPS в пользу технологий Второй мировой войны. А ведь 90 % мировой торговли осуществляется по морю, и, в отличие от воздушного транспорта, корабли не имеют дублирующей навигационной системы. К тому же на оживлённых морских трассах велик риск посадки на мель или столкновения с другими судами, что, собственно, мы могли наблюдать в последнее время на примере серии инцидентов с кораблями 7-го флота США.

Кстати, в США ещё в 2004 г. директивой президента было утверждено создание резервной системы для GPS, чтобы обеспечить бесперебойное предоставление PNT-услуг. Это модернизированная система, основанная на импульсно-фазовой навигационной системе Loran (Long Range Navigation), которая была разработана в США в годы Второй мировой войны. Улучшенная система eLoran (enhanced Loran) будет дополнена цифровой обработкой сигнала. Не так давно Палата представителей Конгресса США одобрила законопроект, который предусматривает создание такой системы в США.

Первоначально система Loran предназначалась для навигационного обеспечения ударных сил авиации и военно-морского флота при решении ими боевых задач. Высокие тактико-технические характеристики этой системы предопределили её массовое применение гражданскими потребителями большинства стран мира для решения хозяйственно-экономических задач. В отличие от систем ГНСС, система Loran транслирует сигнал с наземных мачт, где потенциально мощность сигнала не ограничена. Однако и Loran — не первое в мире радиосредство позиционирования и навигации.

Что было до...

На заре авиации не было радаров, поэтому своё местоположение экипаж воздушного судна определял самостоятельно и сообщал о ней диспетчеру. Экипаж ориентировался на местности визуально по населённым пунктам, озёрам, рекам, холмам и находил своё место на карте. Подобный способ требовал постоянного визуального контакта с землёй, что попросту отсутствовало в тёмное время или плохую погоду, ограничивая возможности полётов.

Первыми навигационными средствами стали радиомаяки (NDB — Non-Directional Beacon), передающие во все стороны опознавательный сигнал (это две или три буквы латинского алфавита, которые передаются кодом Морзе) на определённой частоте. Ну а приёмник на воздушном судне указывает направление на такой радиомаяк. Для определения точного местоположения необходимо не менее двух радиомаяков (двух азимутов от них), и самолёты стали летать от маяка к маяку. Так появились первые воздушные трассы для полётов по приборам, в том числе в облаках и ночью. Правда, точность определения координат скоро стала недостаточной. Тогда радиоинженерами был создан высокочастотный всенаправленный радиомаяк VOR (Very high frequency Omni-directional Radio range). VOR передаёт свой опознавательный индекс кодом Морзе из трёх латинских букв.

Необходимость знания двух азимутов для определения своего положения требовала слишком большого количества радиомаяков. Для решения этой проблемы было разработано так называемое дальномерное оборудование DME (Distance Measuring Equipment), и с помощью специального приёмника на борту стало возможным узнать удаление от DME. И если устройства VOR и DME расположить в одной точке, то по азимуту и удалению от них несложно рассчитать своё местоположение.

Однако, чтобы расставить маяки повсюду, их нужно слишком много, а зачастую необходимо ещё точнее определить свою позицию. Так появились так называемые точки (fixes, intersections), которые всегда имели известные азимуты от двух или более радиомаяков. То есть воздушное судно легко могло определить, что оно в данный момент находится именно над этой "точкой". Теперь воздушные трассы стали проходить между радиомаяками и "точками".

На современных воздушных судах установлены системы спутниковой навигации, инерциальные системы исчисления и полётные компьютеры, точность которых достаточна для того, чтобы находить точки, которые не связаны ни с VORDME, ни с NDB, а просто имеют географические координаты. В итоге в современном мировом воздушном пространстве на маршруте полёта продолжительностью несколько часов может не быть ни одного VOR или NDB маяка. И вот выясняется, что это не всегда хорошо.

Loran-C

Когда использование ГНСС стало обрастать рисками, тема создания чего-то альтернативного стала источником длительных обсуждений в APNT-сообществе, в котором пока ещё нет общего согласия по нескольким направлениям, гарантирующим надёжность, достоверность и точность (синхронизации или позиционирования). Но в целом общее направление движения уже понятно — модернизация системы Loran-C.

Упомянутая выше система Loran в своём развитии прошла несколько стадий развития. В частности, система Loran-C первоначально была разработана для предоставления военным пользователям радионавигационных служб США с большей степенью покрытия и точности, чем её предшественник (система Loran-A).





Loran-C была введена в эксплуатацию для гражданского применения в 1957 г. Система использовала радиосигналы от 24 вышек на берегу, управляемые Береговой охраной США, для позиционирования на море и в воздухе. В дальнейшем она была выбрана для использования в качестве радионавигационной системы гражданским флотом.

Радионавигационная система (РНС) Loran-C (отечественный аналог — "Чайка") относится к разностно-дальномерным РНС с синхронизацией моментов излучения и фазы импульсных сигналов, излучаемых наземными передающими станциями. Станции располагаются цепочками по 3...5 штук, которые осуществляют передачу сигналов на одной и той же частоте с одинаковым для группы периодом повторения, некоторые станции работают одновременно в двух цепях на двух периодах повторения. Каждая цепь РНС состоит из одной ведущей и ведомых станций, работающих с одинаковым, только этой цепи присвоенным периодом повторения серий импульсов. Этот период повторения служит отличительным признаком цепи. Сигнал станции содержит серию из восьми импульсов, следующих через 1 мс. Ведущая станция дополнительно излучает девятый импульс. Ведомые станции излучают сигналы с различной задержкой относительно сигналов ведущей. Задержка излучения служит отличительным признаком.

Для одновременного измерения не менее двух разностей расстояний система работает по принципу синхронизированного излучения сигналов (пачек импульсов) ведущей и ведомыми станциями на одной несущей частоте 100 кГц и общей для них частоте повторения. Излучение сигналов станциями производится с таким сдвигом по времени, чтобы в любой точке зоны действия системы обеспечивалось временное разделение сигналов. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы любая из ведомых станций начинала излучение своих сигналов после прихода на эту станцию последнего импульса предыдущей (по очереди работы) ведомой станции с учётом задержки этого импульса за счёт его многократного отражения от ионосферы. Ведущая станция синхронизирует своими сигналами (как по огибающей импульса, так и по высокочастотному заполнению) работу ведомых станций.

Дальность действия системы Loran-C на суше и на море — 1400...1800 км и 1800...2000 км соответственно. Мощность излучения передающих станций — 200...1000 кВт. Надёжность — 99,7 %. Скорость определения местоположения — 10...20 засечек/с. Погрешность синхронизации станций внутри цепи — 30...50 нс. Точность местоопределения — 10...50 м в радиусе до 150...200 км.

В целом радионавигационным полем 25 станций Loran-C США и четырёх станций Канады в своё время была покрыта территория Северной Америки площадью 9,6 млн км^2.

Десятилетиями Loran-C была стандартной навигационной системой для коммерческого рыболовства, малотоннажного флота и других морских судов, а также для многих самолётов. Систему использовали от 1,2 до 1,5 млн пользователей. Рабочие зоны цепей Loran-C также расширялись, перекрывая территории США и Канады, почти всё побережье Североамериканского континента, Северную Атлантику, Скандинавию и Западную Европу, Северное и Норвежское моря, Атлантическое побережье Франции и Восточную Атлантику, Средиземное море, центральный и северо-западный районы Тихого океана, весь Аравийский полуостров, районы Ближнего и Дальнего Востока, Красного моря, Персидского залива, залив Аден, часть побережья Индии. Общая площадь рабочих зон цепей Loran-C превышала 95 млн м^2. В настоящее время на территории Северной Европы зона покрытия системы Loran-C составляет 100 морских миль от передающих станций.

Хорошо забытое старое

Введение в эксплуатацию и быстрое развитие ГНСС GPS логично привело к постепенному отказу моряков и лётчиков от услуг Loran-C. К тому же технологии GPS быстро развивались, становясь дешевле и доступнее, а система Loran-C морально старела. В результате длившихся несколько лет дискуссий, исходя из интересов национальной безопасности США, было принято решение о необходимости модернизации системы Loran-C и её замене на улучшенную цифровую eLoran, которая будет дополнять GPS в случаях её отключения или нарушения функционирования. По словам разработчиков, сигнал в eLoran будет в 1,3 млн раз мощнее GPS-сигнала, и его, разумеется, тоже можно заглушить, но для этого соответственно нужна очень большая мощность передатчика вкупе с большой антенной, что проще отследить. Кроме поддержки резервной рабочей зоны, интенсивности сигнала и проникающей способности, система eLoran может обеспечить работу служб оперативного реагирования и прочих операторов в условиях, не поддерживаемых в GPS. В системе предполагалось использовать модернизированные передающие станции и сеть связи. На разработку системы были потрачены 160 млн долларов США, однако в октябре 2009 г. Береговая охрана объявила, что система Loran-C не требуется для морской навигации, что оставляло дальнейшее существование Loran и eLoran в США на усмотрение Министерства национальной безопасности. В 2009 г. президент США подписал законопроект, который фактически заморозил программу создания резервной системы eLoran с консервацией системы Loran-C. Береговая охрана США прекратила передачу всех сигналов Loran-C 8 февраля 2010 г., а пользователям рекомендовала использовать систему GPS. Однако в апреле 2014 г. Палата представителей Конгресса США одобрила закон, запрещающий Береговой охране США демонтаж ранее законсервированного оборудования наземных станций Loran-C.

26 марта 2015 г. на рассмотрение Конгресса США был внесён проект закона "Акт по обеспечению помехозащищённости и безопасности работы Национальной системы позиционирования, навигации и времени в 2015 г." (National Positioning, Navigation and Timing Resilience and Security Act of 2015). В нём предлагалось потребовать от министра обороны США совместно с комендантом Береговой охраны и министром транспорта принять окончательное решение по развёртыванию системы навигации и позиционирования наземного базирования, которая должна использовать все возможности существующей инфраструктуры Loran и выступит в качестве надёжного резерва для GPS и будет использоваться как в военных, так и в гражданских целях. Эта система, как отмечается в законопроекте, должна использовать все возможности существующей инфраструктуры Loran.

Резервная система будет базироваться на сигналах 19 мачт eLoran, расположенных на территории США с радиусом действия около 1000 миль каждая. Финансирование резервной системы по сравнению с текущими затратами на поддержание GPS будет в несколько раз ниже.

Навигационный и связной сигнал eLoran обладает чертами, которые дополняют GPS, затрудняя его нарушение, и кроме того, он мог бы стать важной составляющей для обеспечения безопасности полётов беспилотных средств в воздушном пространстве.

Федеральный радионавигационный план США предписывает не быть зависимыми от единой системы в местоопределении, навигации и службе времени в качестве цели национальной политики. План специально указывает на тестирование eLoran, как важного шага к достижению этой цели.

Развёртывание системы, альтернативной GPS, происходит и в других странах. По данным представителя Министерства океанов и рыболовства Южной Кореи, уже к 2019 г. планируется оборудовать три площадки для испытания eLoran, а потом пойти дальше. Южнокорейское правительство надеется на дальнейшее расширение зоны покрытия eLoran на территории всей Северо-восточной Азии, для чего будет сотрудничать с Россией и Китаем. Правда, не обошлось без проблем. Власти уже столкнулись с сопротивлением жителей острова, на котором планируется развернуть антенны. Собственно, для них потребовалась большая территория с мачтами высотой более 120 м, и это не всем нравится.

Генеральная администрация маяков Великобритании и Ирландии (GLA) опубликовала стратегический документ "2020 — The Vision" (Перспективы до 2020 г.), в котором делается вывод о том, что система Loran-C должна

быть модернизирована для её использования в качестве резервной системы морской навигации. Королевский институт навигации высказал убеждение, что европейская Loran-C должна поддерживаться и модернизироваться с целью превращения её в систему eLoran.

Наиболее активно используют систему Великобритания и Ирландия, успешно внедряющие в эксплуатацию eLoran. Тесты показали, что по координатно-временным характеристикам eLoran не уступает GPS и предлагает морякам точность позиционирования не хуже 10 м, что удовлетворяет международным эксплуатационным требованиям для судов на подходе к порту. Вместе с тем будущее сети Loran в Северной Европе в настоящее время остаётся неопределённым, поскольку если передачи французских и норвежских станций eLoran будут прекращены (есть такие планы с целью экономии средств, разумеется), все возможности для морской навигации в водах Великобритании также будут потеряны.

Китай, Корея и Япония продолжают работы по совершенствованию наземных передающих станций Loran-C. Серьёзный интерес к их модернизации и дальнейшему развитию eLoran на территории своих государств высказали Саудовская Аравия и Индия. По некоторым данным, планы развития собственной помехоустойчивой наземной РНС также имеются у Ирана. Продолжается взаимодействие государств участников FERNS (Россия, Корея, Китай, Япония) по созданию объединённых радионавигационных служб.

Дискуссии о будущем

Тем не менее продолжается дискуссия о будущем APNT. Хотя очевидно, что она должна отработать в случае отказа ГНСС, не достигнут консенсус в отношении длительности их работы и широты охвата, с точки зрения выбора регионов, где она будет функционировать. Ведь уже было несколько крупных инцидентов глушения ГНСС или подмены сигналов. К тому же различные заинтересованные стороны имеют в виду различные временные горизонты для APNT. К примеру, ряд целей и угроз в 2035 г. будут сформулированы иначе, чем те, которые есть сегодня или будут в 2025 г. Да и круг перспективных систем APNT отнюдь не ограничивается eLoran. К тому же, чтобы создать, ввести в эксплуатацию или изменить уже существующую инфраструктуру системы PNT, потребуется значительное время. С точки зрения потребительских устройств (приёмников) или программного обеспечения, навигационная аппаратура потребителей APNT не похожа на аппаратуру ГНСС, и тут нельзя рассчитывать на быстрый рост продаж или регулярные обновления ПО.

Однако необходимо думать и планировать на будущее, иногда далёкое, и добиться консенсуса относительно того, что требуется. Например, в соответствии с требованиями FAA (Федеральное Авиационное Агентство США), APNT в настоящее время должна обеспечить точность определения местоположения около одной морской мили. Однако в дальнейшем (с 2025 г.) появится необходимость улучшения точности от 0,3 до 0,5 морской мили. Специалисты полагают, что подобные вопросы возникнут и в телекоммуникационной области, где сегодня является достаточной точность временной синхронизации на уровне микросекунды, но уже завтра может понадобиться 100 нс.

Что касается абонентского оборудования, то люди уже привыкли к постоянному обновлению смартфонов, поэтому в случае необходимости новые технологии могут быть быстро применены при возникновении проблем с PNT. Ну а стимулировать развитие APNT может развитие даже таких потребительских устройств, как, например, роботы-газонокосилки, способные в случае помех для сигнала GPS скосить цветочную клумбу вашей супруги.

По материалам ***internavigation.ru, insidegnss.com, SecurityLab.ru, vestnik-glonass.ru, radioscanner.ru, airspot.ru, CNews.ru*** .

Выходной каскад УМЗЧ со стабилизацией тока покоя

А. СЫРИЦО, г. Москва

В статье автором предложен выходной каскад УМЗЧ на полевых транзисторах, в котором ток покоя устанавливается автоматически с помощью несложной системы автоматического регулирования, при этом температурная стабилизация достигается в широком температурном интервале. Драйвер для этого выходного каскада описан в "Радио", 2017, № 9.

В условиях реальной эксплуатации УМЗЧ температурный режим транзисторов в выходных каскадах (ВК) изменяется, что вызвано выделяемой в них мощностью, а также изменениями температуры окружающей среды. При этом параметры транзисторов, работающих в режиме класса АВ, в том числе и ток покоя ВК (I_0), значительно изменяются. При отсутствии мер по стабилизации режима это может приводить к резкому росту тока покоя, вплоть до лавинообразного процесса.

Для устранения этого недостатка все транзисторные УМЗЧ проектируют с обязательными элементами стабилизации тока покоя ВК.

Основные требования к устройству стабилизации тока покоя ВК — обеспечение заданной точности поддержания тока покоя ВК и отсутствие влияния на качественные параметры УМЗЧ при работе с реальной акустической системой.

Методы, применяемые для стабилизации тока покоя в ВК УМЗЧ, могут быть различными по сложности реализации, сочетая конструктивные и схемотехнические решения.

Наиболее часто применяется самый простой принцип — термокомпенсация напряжения смещения для транзисторов ВК за счёт размещения термочувствительных элементов в непосредственной близости к транзисторам ВК. Такому методу термокомпенсации присущи следующие недостатки:

— задержка (инерционность) термокомпенсации;

— невысокая точность стабилизации;

— необходимость введения дополнительных элементов (подстроечных резисторов) для первоначальной установки нужного тока покоя;

— конструктивные ограничения.

Для устранения большинства из этих недостатков возможно применение в ВК специально разработанных типов биполярных транзисторов, предназначенных для высокоэффективной термокомпенсации и получивших название "Thermal Trak", например, комплементарные пары биполярных транзисторов NJL1302D/NJL3281D фирмы ON Semiconductor и SAP15P/SAP15N фирмы Sanken. Внутри корпусов этих приборов на одной подложке с кристаллом установлены дополнительные диоды. Однако малый ассортимент и высокая стоимость таких транзисторов являются основной причиной их ограниченного применения.

Существенное упрощение систем стабилизации тока покоя возможно при отказе от применения в ВК УМЗЧ биполярных транзисторов, заменяя их полевыми, которые имеют меньшую температурную зависимость параметров. Некоторые типы полевых транзисторов* удаётся использовать в ВК УМЗЧ в режиме работы в термостабильной точке, когда ток покоя практически не зависит от изменений температуры транзистора. При использовании такого режима работы для УМЗЧ [1] точность стабилизации тока покоя определяется только точностью стабилизации напряжения смещения $U_{см}$ = const для транзисторов ВК. На практике это возможно подбором соответствующих параметров транзисторов предвыходного каскада.

**Для латеральных полевых транзисторов (с боковой структурой) при работе в классе АВ температурной стабилизации рабочей точки не требуется, их термостабильная точка находится в области 100....120 мА.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

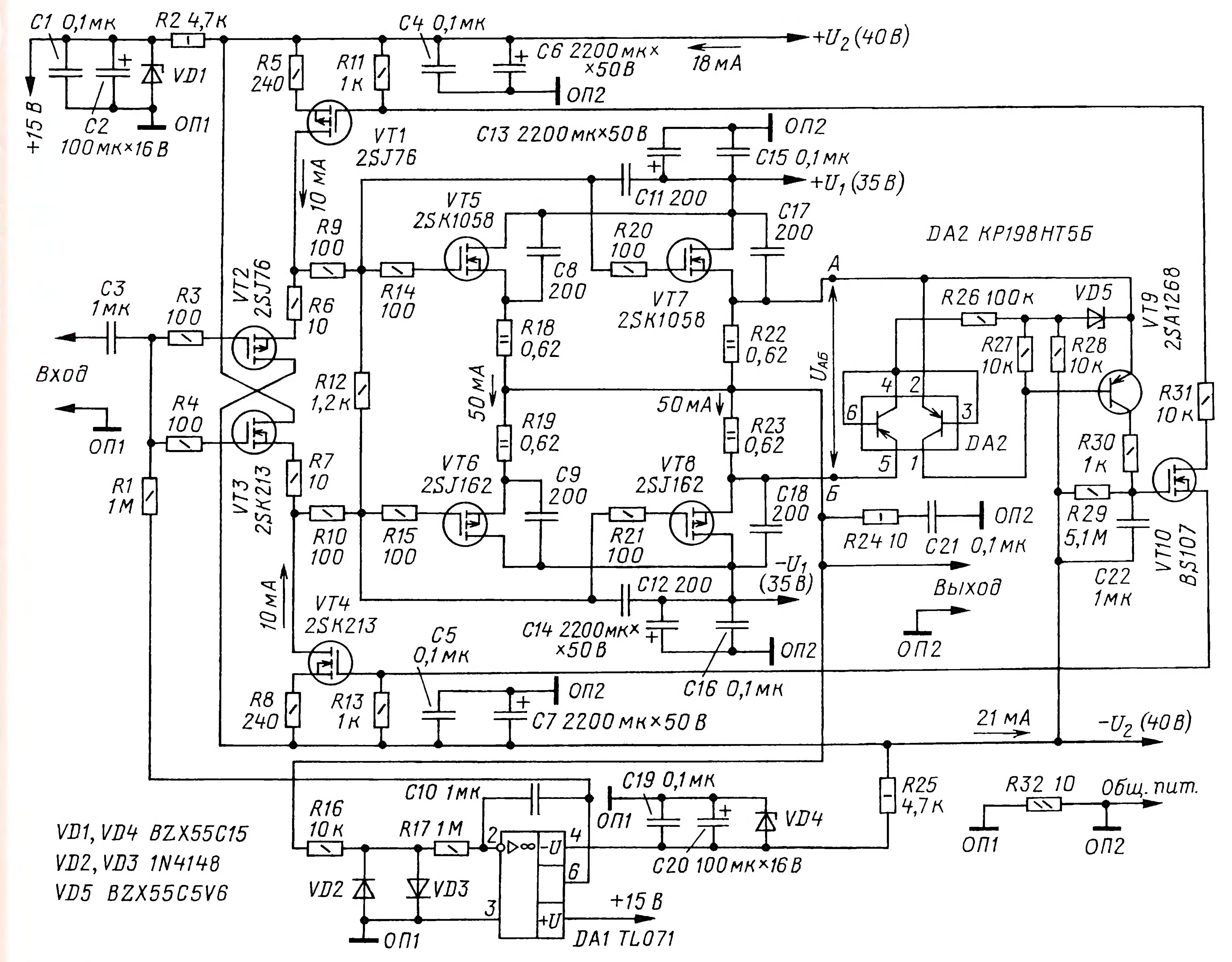


Рис. 1

Более совершенные устройства стабилизации тока покоя ВК УМЗЧ основаны на применении электронной системы автоматического регулирования (САР), которая обеспечивает не только стабильность тока покоя, но и его автоматическую установку. Наиболее просто это реализуется в УМЗЧ с ВК, работающим в режиме класса А, однотактным [2] или двухтактным [3].

Попытки применения электронной САР для стабилизации тока покоя транзисторов ВК УМЗЧ, работающих в режиме класса АВ, привели к схемотехническим решениям ВК, при которых ток покоя не только стабилизируется, но сохраняется неизменным даже при закрытии транзисторов неработающего плеча ВК. Эти высокоэффективные решения получили различные названия: "Super A" фирмы JVC, "Non Swiching" фирмы Pioneer и "New Class" фирмы Technics. Однако и они не получили широкого применения из-за значительной сложности. Оригинальные решения для достижения работы ВК в режиме "Super A" описаны в [4] и [5], но устройство из [4] также требует подбора параметров транзисторов, а устройство в [5] эффективно только для определённой схемотехники ВК.

Вопросы стабилизации тока покоя транзисторов ВК в УМЗЧ наиболее полно изложены в [6], где приведён пример практической реализации, которая, по мнению автора, также несколько переусложнена. Однако в [6] есть ссылка на более простую реализацию электронной САР [7], которая и выбрана мной с целью её упрощения.

Предлагаемый здесь вариант ВК с электронной САР тока покоя приведён на **рис. 1**. В ВК использована известная схема "параллельного" повторителя напряжения, но на латеральных (с малым пороговым напряжением) полевых транзисторах. Такой вариант схемы ВК, по моему мнению, является наиболее оптимальным, так как позволяет обеспечить высокие качественные параметры, в частности, широкую полосу воспроизводимых частот, относительно малые нелинейные искажения, практически не зависящие от сопротивления нагрузки и частоты. При этом спектр гармоник не широкий и резко сужается при снижении выходной мощности.

Для пояснения процесса работы САР при стабилизации тока покоя транзисторов ВК целесообразно воспользоваться рассмотрением упрощённой схемы ВК, приведённой на **рис. 2**, без цепей стабилизации нулевого потенциала на выходе и при одной паре транзисторов ВК. В этой схеме резисторы R3 и R4 являются датчиками тока, протекающего через транзисторы ВК. При этом напряжение на резисторах между точками А и Б вычисляется по формуле $U_{АБ} = I_0(R3+R4)$. Это напряжение поступает на вход компаратора (Комп.). Его элементы выбраны таким образом, что обеспечивают включение ключа (Кл.) при $U_{АБ} < 60$ мВ и его выключение при $U_{АБ} > 60$ мВ.

Процесс входа устройства в режим стабилизации тока покоя транзисторов ВК наиболее удобно рассматривать, начиная с момента включения напряжения от источников питания +/−U и при отсутствии входного сигнала. В первый момент ток покоя $I_0 = 0$ и $U_{АБ} = 0$, компаратор включает ключ. При этом происходит быстрая зарядка конденсатора C1 через низкоомный резистор R5. При определённом напряжении на конденсаторе C1 происходит открывание транзистора VT7 и соответственно транзисторов VT1, VT4 и VT5, VT6. Ток через резисторы R3 и R4 также начинает увеличиваться. Компаратор контролирует напряжение $U_{АБ}$, и как только оно превы-

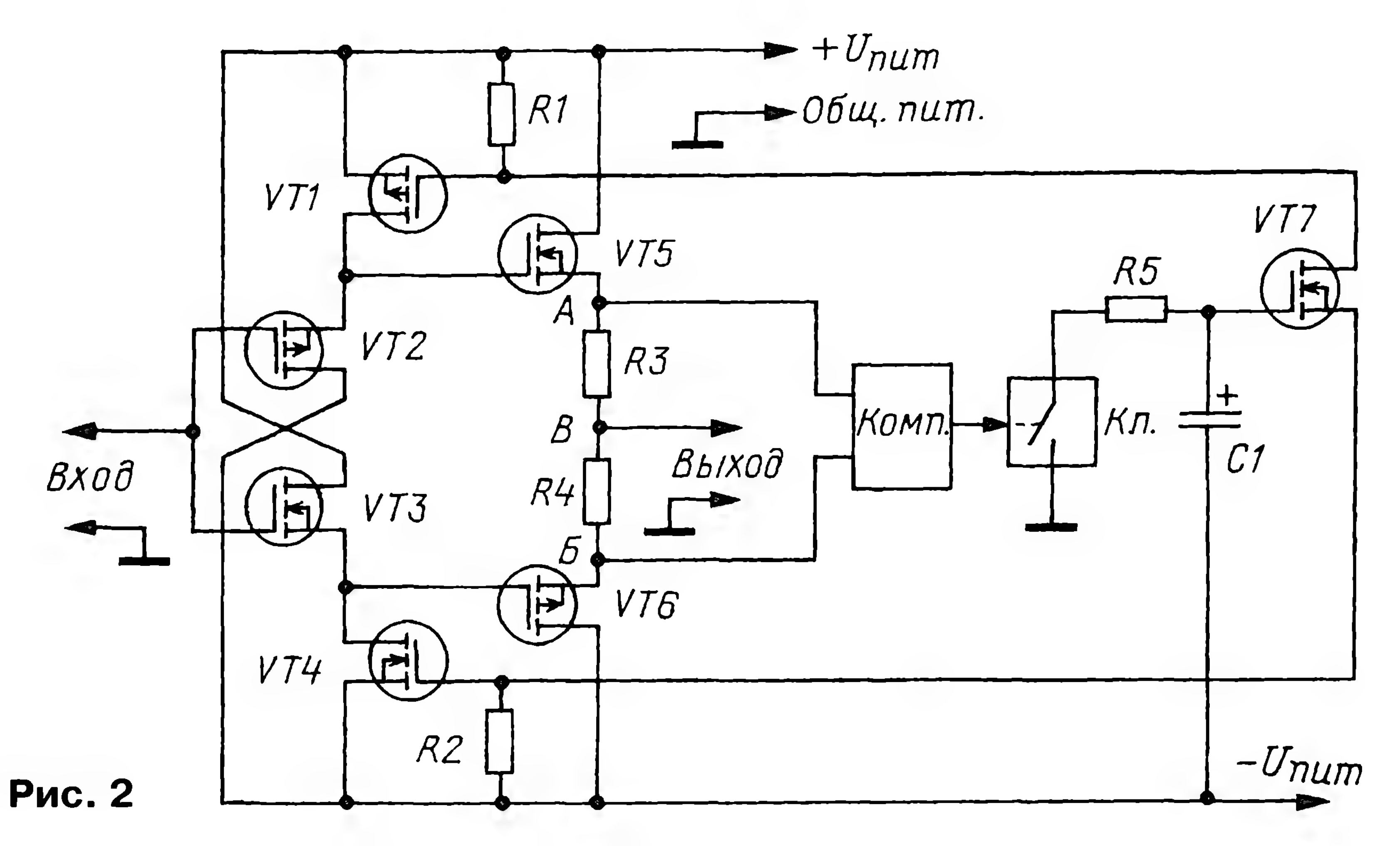


Рис. 2

сит 60 мВ, выключает электронный ключ. Зарядка конденсатора C1 прекращается, и напряжение на нём остаётся фиксированным на уровне, соответствующем заданному значению тока $I_0 = U_{АБ}/(R3+R4) = const$. Этот режим поддерживается САР при любых причинах, приводящих к отклонению данного параметра.

Рассмотрим процесс стабилизации тока I_0 при наличии звукового сигнала на выходе при подключённой нагрузке. При этом ток через резисторы R3 и R4 будет изменяться в соответствии с сигналом: при положительной полуволне — возрастать через R3 и убывать через R4, а при отрицательной полуволне — наоборот. При этом методе стабилизации тока I_0 работа транзисторов ВК в режиме класса А сохраняется до тех пор, пока напряжение $U_{АБ}$ не станет больше 60 мВ, что приведёт к размыканию ключа, но только на время сигнала в нагрузке УМЗЧ, при котором $U_{АБ}$ > 60 мВ. Пороговое напряжение компаратора определяется в основном отношением номиналов резисторов R27/R26 (см. рис. 1) и при выполнении рекомендаций из [8] составляет 60±1 мВ. Температурная независимость этого значения объясняется конструктивным исполнением компаратора, при котором его элементы располагаются внутри одной интегральной микросхемы. Таким образом, для схемы ВК на рис. 1 при R22 = R23 = = 0,62 Ом расчётное значение $I_0 = U_{АБ}/(R22+R23) = 60/(0,62+0,62) = 48,4$ мА.

Для практического применения резисторам R22, R23, R26, R27 достаточно иметь допускаемое отклонение сопротивления ±5 % от номинала. Использование R18 = R19 = R22 = R23 номинальным сопротивлением 0,62 Ом позволяет с достаточной для практики точностью выровнять ток I_0 для каждого из параллельно включённых транзисторов ВК (VT5, VT7 и VT6, VT8) и ограничиться контролем напряжения $U_{АБ}$ только для одной пары выходных транзисторов (VT7, VT8).

Основные технические характеристики

Номинальная выходная мощность, Вт,
при $R_н$ = 8 Ом 50
при $R_н$ = 4 Ом 100
Нелинейные искажения, %, при номинальной выходной мощности в полосе частот 20 Гц...20 кГц, не более 0,5
Коэффициент передачи по напряжению
при $R_н$ = 8 Ом 0,87
при $R_н$ = 4 Ом 0,78
Выходное сопротивление (частотно-независимое), Ом, не более 1,2
Входное сопротивление, МОм 1
Входная ёмкость, пФ, не более 30
Полоса воспроизводимых частот, Гц, по уровню −3 дБ . . . .$0,15...6\cdot10^6$

Назначение отдельных элементов схемы (см. рис. 1) следующее. Резисторы R3, R4, R9, R10, R14, R15, R20, R21 и конденсаторы C8, C9, C11, C12, C17, C18 обеспечивают устойчивость ВК; резисторы R5, R8, R29 обеспечивают устойчивость САР; элементы R24, C21 — цепь Цобеля. Резисторы R18, R19, R22, R23 задают ток покоя; элементы R16, VD2, VD3 защищают вход ОУ DA1 от проникания большого постоянного напряжения с выхода УМЗЧ при аварийном режиме. Резисторы R6, R7, R9, R10, R12 обеспечивают ток покоя 10±2 мА через транзисторы VT1—VT4 (с учётом разброса характеристик для VT5—VT8). Резистор R31 ограничивает интервал регулирования тока I_0; элементы R28, VD5 обеспечивают режим работы компаратора на микросхеме DA2. Элементы R17, C10, R1, DA1 стабилизируют нулевое напряжение на выходе.

Краткие рекомендации по применяемым элементам, их заменам, монтажу и конструкции изложены ниже.

Резисторы R18, R19, R22, R23 должны иметь малую индуктивность, например, MF-200 номиналом 0,62 Ом ±5 % или любые металлоплёночные мощностью не менее 2 Вт. Остальные резисторы — С2-23 или аналогичные с разбросом ±5 %. Оксидные конденсаторы — К50-35 или аналогичные по характеристикам. Конденсаторы C3, C10, C21, C22 — плёночные К73-17 или аналогичные по параметрам. Остальные конденсаторы — К10-17б или аналогичные.

Возможна замена активных элементов. Так, микросхема DA1 — любой ОУ с входным сопротивлением $R_{вх} \geq$ 1 ГОм; микросхема DA2 — КР198НТ6—КР198НТ8 (с проверкой цоколёвки). Транзистор VT9 — любой малой мощности структуры p-n-p ($U_{КЭ\ max} \geq$ 80 В, $I_{К\ max} \geq$ 50 мА, $F_т \geq$ 5 МГц), транзистор VT10 — любой маломощный полевой с изолированным затвором и n-каналом с $U_{СИ\ max} \geq$ 80 В и током $I_{С\ max} \geq$ 10 мА. Транзисторы VT1, VT2 — любые из 2SJ77—2SJ79; VT3, VT4 — любые из 2SK214—2SK216; VT5, VT7 — любые из 2SK1056, 2SK1057; VT6, VT8 — любые из 2SJ160, 2SJ161.

Резисторы R14, R15, R20, R21 надо монтировать как можно ближе к транзисторам VT5—VT8, а конденсаторы C8, C9, C17, C18 монтируют непосредственно на выводах этих транзисторов.

Для повышения надёжности работы в условиях повышенной температуры окружающей среды (выше +30 °С) транзисторы VT1—VT4 следует устанавить на небольшие теплоотводы, обеспечивающие температуру корпусов транзисторов не выше +70 °С. Выходные транзисторы VT5—VT8 также требуют установки на теплоотводы соответствующих размеров, зависимых от заданной выходной мощности и температуры корпусов транзисторов, не превышающей +70 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградский И.** Усилитель Noosfera Echo. — URL: **http://www.hiend-audio.pro\showtread.php.?t=73** (07.07.17).

2. **Петров А.** Выходной каскад класса А для УМЗЧ без общей ООС. — Радио, 2015, № 8, с. 8—10.

3. **Сырицо А.** Мощные усилители с режимом А+. — Радио, 2002, № 9, с. 12, 13; 2002, № 10, с. 18—20.

4. **Гладкий А.** Схемотехника УМЗЧ со стабилизацией режима. — URL: **http://www.cxem.net/sound/amps/amp225.php** (07.07.17).

5. **Morgan E.** Add-on-current dumping. — Electronics & Wireles World, 1985, Vol. 91, October, № 1596, p. 40.

6. **Ефремов В.** Стабилизация режима усилителей класса АВ. — Радио, 2014, № 5, с. 11—15.

7. **Мульндин А.** Стабилизация тока покоя УМЗЧ с полевыми транзисторами. — Радио, 2008, № 10, с. 9, 10.

8. **Чурбаков А.** Устройство защиты. — Радио,1987, № 6, с. 45.

От редакции. Нумерация выводов микросхемы КР198НТ5 соответствует информации из справочника "Интегральные микросхемы" под ред. Б. В. Тарабрина (Энергоатомиздат, 1985, с. 428) и фактической цоколёвке микросхемы производства Таллинского ЭТЗ им. Пегельмана. В Интернете же встречается иная цоколёвка такой микросхемы производства Брянского завода полупроводниковых приборов.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Ленточная СЧ-головка в трёхполосной АС

С. МОШЕВ, г. Воронеж

В статье автор предлагает ещё один вариант конструкции ленточной динамической головки, изготовление которой выполнимо в домашних условиях. В магнитной системе автор применил линейные неодимовые магниты, а в качестве излучателя — гофрированные полоски из тонкой алюминиевой фольги.

Вместе с такими головками, предназначенными для воспроизведения музыкальных сигналов в области СЧ и ВЧ, автор установил в самодельной стереофонической АС динамические НЧ-головки 2А-12. Для самых высоких частот автор предпочёл использовать также самодельные ленточные излучатели, конструкция которых представлена им ранее в "Радио", 2012 г., № 1.

Излучатели ленточного типа отлично подходят для воспроизведения высоких частот звукового диапазона благодаря тому, что легчайшая лента динамической головки находится в магнитном поле и является излучателем, способным воспроизводить сложный сигнал с высокой точностью. Вполне логично желание любителя музыки иметь в своём распоряжении подобную головку, работающую и на средних частотах.

Бюджетные модели ленточных головок, предлагаемые на рынке аудиотехники, чаще всего используют для воспроизведения звуков частотой от 5 кГц и выше. Самые дорогие модели могут работать от частоты 2,5 кГц, но в этом случае необходимо использовать сложный кроссовер третьего порядка. Общепринятая конструкция таких излучателей состоит из системы магнитов и концентрирующего магнитопровода. Таким образом, производители экономят на магнитах и получают необходимую чувствительность головки. Недостаток такого построения — выход ленты из зазора при больших амплитудах колебания, т. е. на нижней границе воспроизводимых частот, и появление заметных искажений сигнала.

Рис. 1

Рис. 2

Для того чтобы самостоятельно собрать ленточную головку с более низкой граничной частотой и с малыми искажениями — в данном случае с захватом полосы средних частот, имеет смысл отойти от промышленной конструкции. Достаточно использовать упрощённую магнитную систему, без концентрирующего магнитопровода, с широким магнитным зазором и большим ходом ленточной мембраны. Наращивая площадь ленты с одновременным увеличением размера и числа магнитов, можно получать головки с более низкой граничной частотой и нужной чувствительностью.

Изготовление среднечастотной головки имеет свои конструктивные особенности. В ней, в отличие от модели [1], применены более сильные магниты прямоугольной формы, а согласующий трансформатор выполнен на стальном магнитопроводе. Первое обусловлено необходимостью компенсировать ослабление магнитного поля ввиду увеличенного магнитного зазора. Второе продиктовано расширением полосы в сторону средних частот.

В магнитной системе изготовленных головок применены 12 неодимовых (NdFeB — Неодим-Железо-Бор) магнитов размерами 50×10×5 мм, в суммарном поле которых размещены алюминиевые ленты толщиной 10 мкм и общей длиной 340 мм.

При ширине ленты 15 мм нижняя граница воспроизводимых частот оказалась равной 200 Гц, а чувствительность на средних частотах (с учётом согласующего трансформатора и приведённом сопротивлении 8 Ом) — около 87 дБ/Вт/м.

В домашних условиях прослушивания музыки реальный уровень подводимой мощности недостаточен для вылета ленты за пределы магнитного поля. Благодаря большому запасу хода гофрированной ленты и широким магнитам (10 мм) можно использовать такую головку совместно с простейшим кроссовером первого порядка, настроенным на частоту на полторы-две октавы выше нижней границы воспроизводимой полосы.

Самодельная ленточная СЧ-головка собрана на деревянном основании и представляет собой небольшой щит с прорезью и подставку. Магниты, используемые в системе, приклеены эпоксидным клеем на стальные полосы



Рис. 3

толщиной 3 и шириной 20 мм. Магниты укладывают вплотную к краю полосы. Внешний вид и геометрические размеры представлены на **рис. 1—3**.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru


Рис. 4

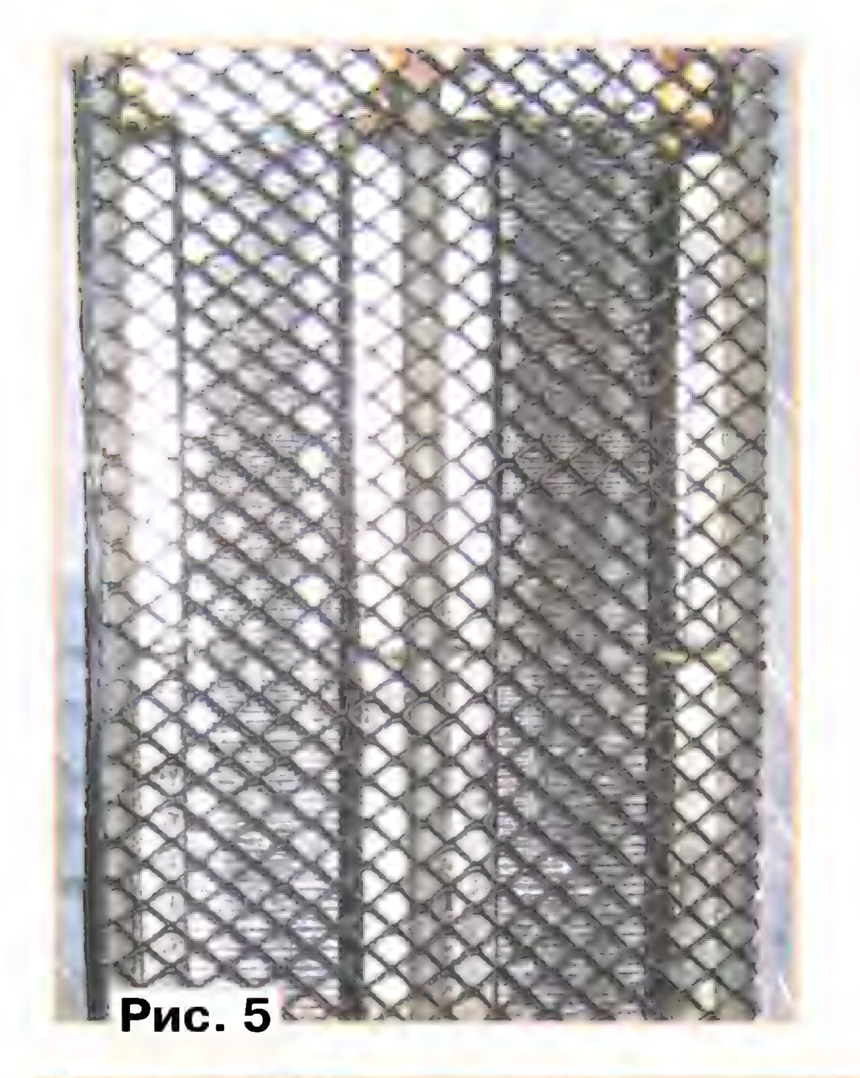

Рис. 5


Рис. 6


Рис. 7

Важно, чтобы стальные полосы с наклеенными на них магнитами после монтажа в щит выступали за пределы деревянной основы на 5 мм. Таким образом, когда лента будет натянута, она окажется как раз посередине магнитного потока, в 5 мм от переднего и заднего края ряда магнитов.

Лента, используемая в описываемой модели, извлечена из конденсатора К73-15а, длина корпуса которого равна 32 мм. Её гофрирование выполнено с помощью двух широких пластиковых колпачков с зубчатой накаткой (фото на **рис. 4**).

Гофрированную алюминиевую ленту из конденсатора припаивают паяльником мощностью не менее 50 Вт с плоским жалом к предварительно залуженным медным площадкам без использования специального флюса. Ввиду того что гофр обладает свойством пружины, ленту обязательно нужно немного натянуть во время монтажа!

Во избежание повреждения ленты от внешних воздействий на лицевую часть головки желательно установить защитную сетку. Металлическая сетка (**рис. 5**) хорошо удержится без крепления за счёт поля рассеяния магнитной системы.

Согласующий трансформатор для ленточной СЧ-головки представляет собой две склеенные П-образные части от магнитопровода типоразмера ШЛ20×32 из электротехнической стали (Э310 и т. п.).

На полученном магнитопроводе, обёрнутом плёночным изоляционным материалом (лавсан и т. п.), бескаркасно наматывают две обмотки: первичную — 100 витков обмоточным проводом диаметром 0,45 мм, вторичную — 9 витков в четыре провода диаметром 1,5 мм (**рис. 6**). Получаемый импеданс СЧ-головки — 8 Ом.

Увеличение геометрических размеров и массы диафрагмы обусловило плавный спад АЧХ выше 10 кГц. Поэтому такой головке необходима поддержка в виде дополнительного ВЧ-излучателя.

В настоящее время изготовленная пара ленточных СЧ-головок эксплуатируется в составе трёхполосной стереофонической АС (**рис. 7**). ВЧ-звено — самодельные ленточные головки [2]. В полосе НЧ — головки 2А-12У4 в оформлении ЗЯ с внутренним объёмом 68 л.

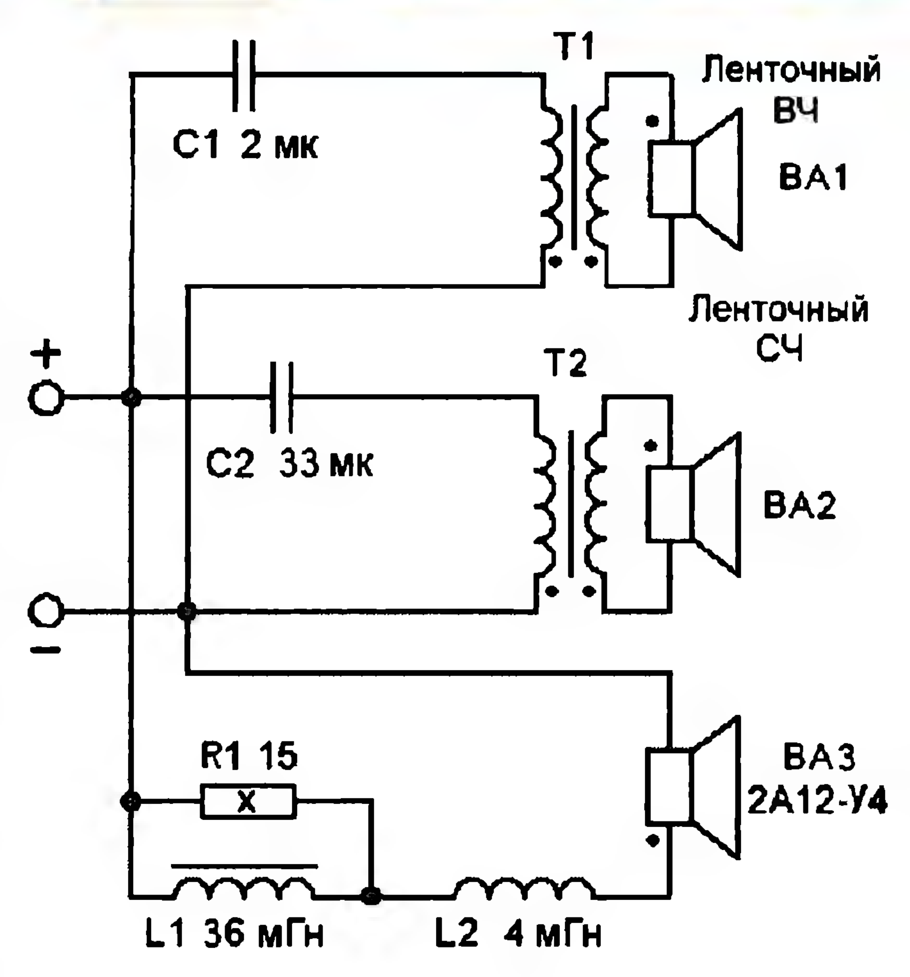


Рис. 8

Размеры корпусов — 300×485×765 мм. Материал — фанера толщиной 20 мм. Между фронтальной и тыловой панелями вставляют распорку из деревянного бруска 30×40 мм.

В кроссовере АС (**рис. 8**) частоты разделения фильтров первого порядка — 600 Гц и 10 кГц.

Динамическая НЧ-головка 2А12-У4 имеет более высокую чувствительность, чем ленточные СЧ- и ВЧ-головки с согласующими трансформаторами. Корректирующее звено первого порядка на элементах R1, L1 выравнивает общее звуковое давление и компенсирует спад АЧХ на самых низких частотах. В этом случае при небольших размерах закрытого ящика можно получить эффективную полосу воспроизведения ЗЧ выше частоты 35 Гц и иметь гораздо лучшую переходную характеристику, чем в оформлении ФИ. В данном случае это существенно, так как СЧ- и ВЧ-излучатели обладают очень быстрым откликом и нужна "поддержка" НЧ-головки с возможно большей скоростью перемещения диффузора — с так называемым "быстрым басом".

Таким образом, в домашних условиях можно изготовить СЧ-головки с очень хорошим уровнем достоверности воспроизведения музыкального сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мошев С.** Самодельные ленточные динамические головки. — Радио, 2012, № 1, с. 14—17.

2. **Мошев С.** Самодельные изодинамические излучатели на базе головок 10ГИ-1. — Радио, 2017, № 1, с. 8—11.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Определение усиления в петле обратной связи усилителей ЗЧ класса UcD

Ю. ИГНАТЬЕВ, г. Ивано-Франковск, Украина

Радиолюбители, конструирующие импульсные усилители ЗЧ класса UcD, зачастую сталкиваются со сложностью определения их ключевого параметра — петлевого усиления. В данной статье описан довольно простой способ сделать это с помощью программы моделирования Microcap.

Прежде чем приступить к получению графика частотной зависимости усиления в петле обратной связи стандартного усилителя класса UcD [1], разберём его работу. Коэффициент ослабления сигнала на входе компаратора по отношению к выходному сигналу равен общему коэффициенту усиления выходной ступени (компаратора и ключей). К сожалению, анализ модели усилителя по переменному току с помощью программы Microcap, проведённый в предыдущей моей статье [2], не дал правильных результатов. Причина этого в том, что программа считает применяемый компаратор идеальным.

На выручку приходит анализ переходных процессов (transients). Пользуясь моделью усилителя, схема которой приведена на **рис. 1**, зададим напряжение питания +/–36 В и найдём постоянное напряжение на неинвертирующем входе компаратора при заданном входном постоянном напряжении 1 В. Затем откроем вкладку Scope/Measurements и выведем на неё параметры V(comp) и V(out) (**рис. 2**).

Будем считать, что форма остатка несущей на входе компаратора близка к синусоидальной. Это не совсем так, но при небольшой глубине широтно-импульсной модуляции даёт достаточную точность. Для определения постоянной составляющей воспользуемся функцией усреднения average. Видно, что коэффициент усиления усилителя равен 4,387, а среднее значение напряжения на входе компаратора — 28,9 мВ. Соответственно, коэффициент усиления постоянного напряжения в петле обратной связи — 4,387/0,0289≈152.

Заменим, как показано на **рис. 3**, компаратор макросом усилителя "amp" из библиотеки программы Microcap и зададим его коэффициент усиления минус 152 (так как выходной каскад реального усилителя — инвертирующий). Теперь можно воспользоваться анализом по переменному току и получить зависимость коэффициента усиления в петле обратной связи от частоты, показанную на **рис. 4**.

Аналогичным образом можно проанализировать и более сложный усилитель с дополнительным звеном, который увеличивает усиление на звуковых частотах. Этот узел условно называют интегратором. Схема его модели показана на **рис. 5**, а частотная зависимость его коэффициента усиления изображена на **рис. 6**. Видно, что после подъёма на частоте 1 кГц коэффициент усиления спадает. Однако на низких частотах усиление завышено, поэтому необходимо ввести коррекцию. Для

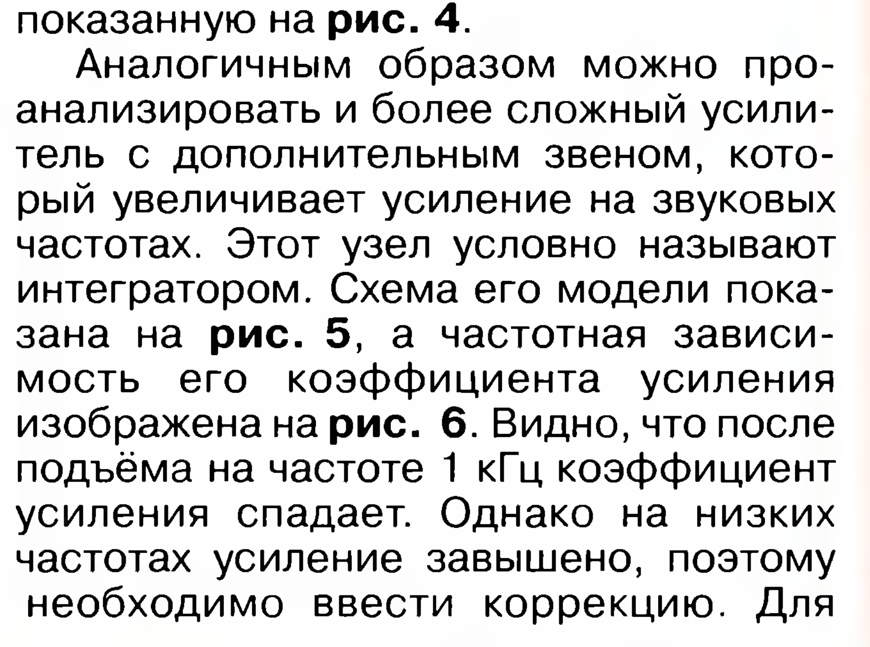
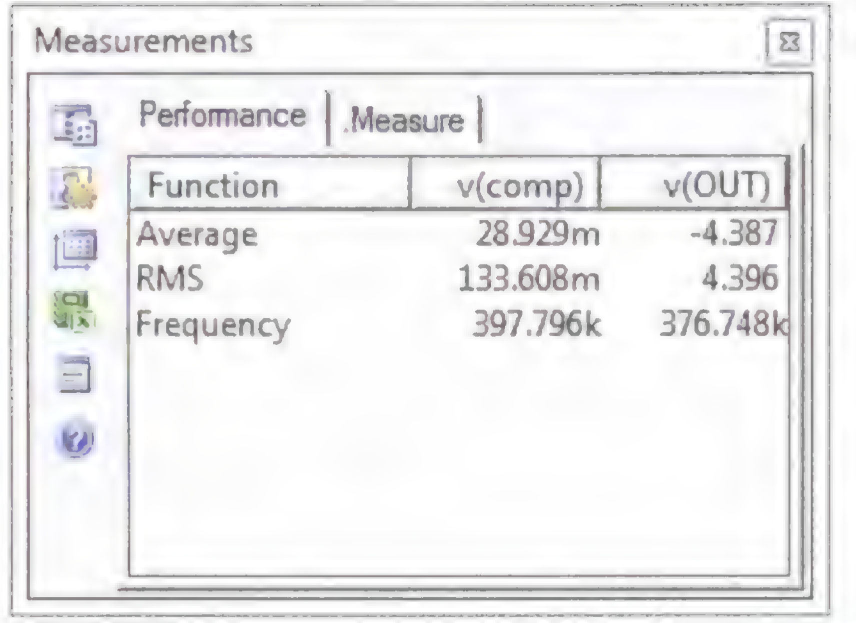


Рис. 1



Function	v(comp)	v(OUT)
Average	28.929m	-4.387
RMS	133.608m	4.396
Frequency	397.796k	376.748k

Рис. 2

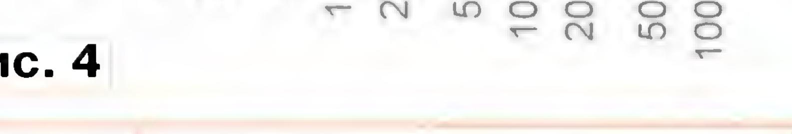


Рис. 4

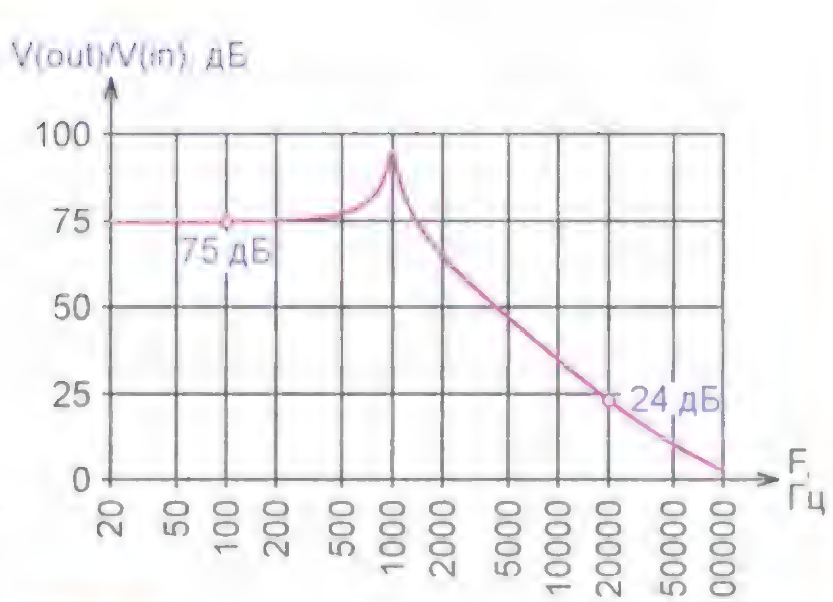


Рис. 6

Рис. 3

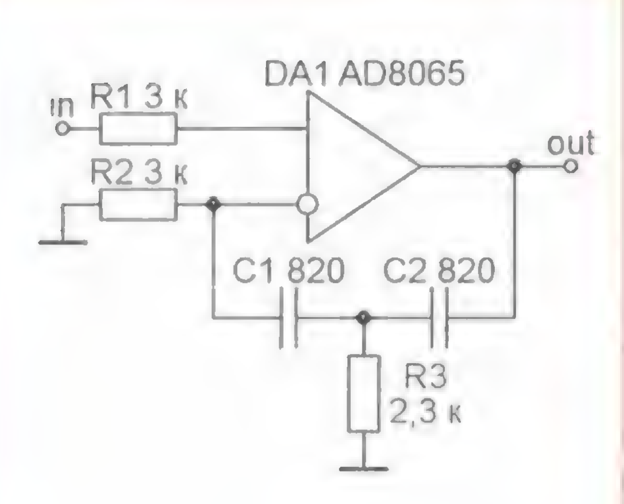


Рис. 5

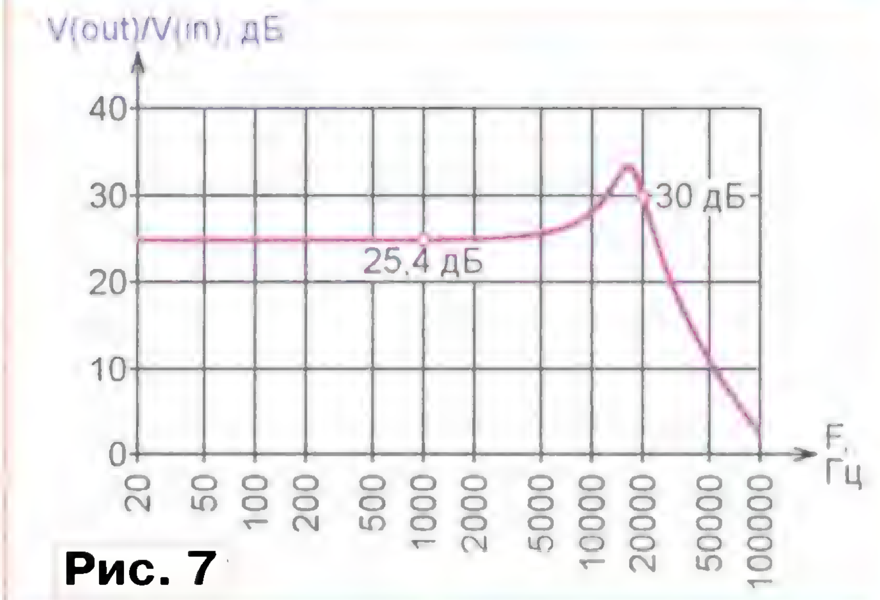


Рис. 7

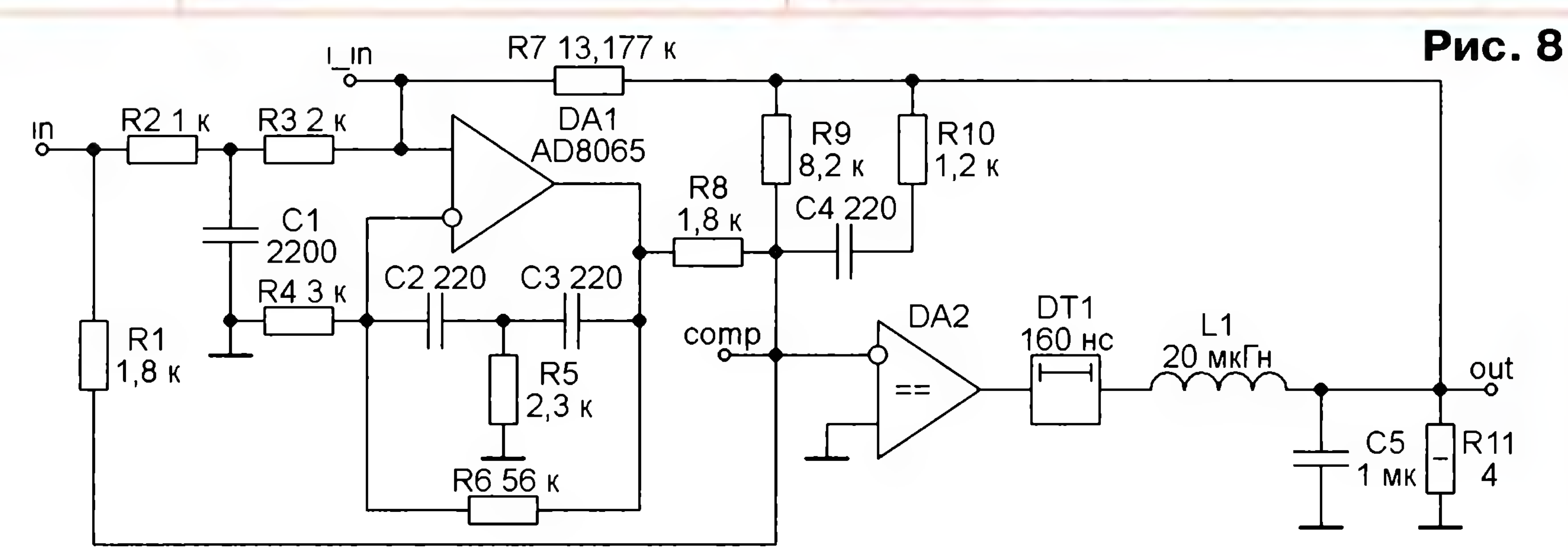


Рис. 8

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2017

Function	v(comp)	v(OUT)	v(i_in)+1f
Average	19.176m		1.737m
RMS	91.365m	4.389	32.907m

Measurements — Performance | Measure

Рис. 9

этого параллельно цепи C1,R3,C2 установим резистор сопротивлением 56 кОм. График АЧХ после коррекции приобретает вид, показанный на **рис. 7**. Схема модели усилителя с интегратором показана на **рис. 8**.

При подаче на вход постоянного напряжения 1 В среднее напряжение на неинвертирующем входе ОУ DA1 этого усилителя — 1,737 мВ (**рис. 9**). Таким образом, усиление в петле обратной связи равно 1/0,001737=576, что соответствует 55,2 дБ. Напомним, сам по себе UcD-усилитель имел усиление 30,8 дБ, "интегратор" добавил ещё 56000 Ом/3000 Ом = = 18,7 раз, или 25,4 дБ. Итого — 30,8+25,4 = = 56,2 дБ. Снова заменим компаратор макросом усилителя с коэффициентом усиления –152 и применим анализ по переменному току для построения зависимости ослабления входного сигнала в точке i_in от частоты. Она изображена на **рис. 10**.

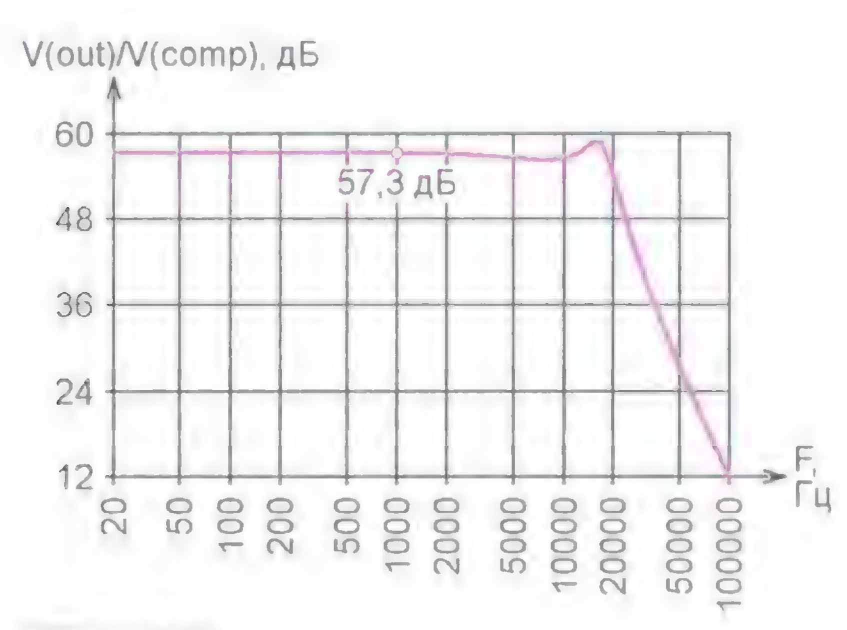


Рис. 10

Для проверки описанной методики я выполнил компьютерное моделирование и анализ распространённого усилителя nc-400, описанного в [3]. Задержку в этом усилителе принял равной 100 нс. Номиналы элементов цепей обратной связи взял из инструкции по обслуживанию (service manual) этого усилителя. Получил такие значения: коэффициент усиления — 4,1, петлевое усиление ступени UcD на постоянном токе — 30,2 дБ; общее петлевое усиление на постоянном токе — 52,7 дБ. Это отличается от данных, приведённых в [3], менее чем на –0,3 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Putzeys B.** Simple Self-Oscillating Class D Amplifier with Full Output Filter Control. — URL: **https://www.hypex.nl/img/upload/doc/an_wp/WP_AES118BP_Simple_self-oscillating_class%20D_amplifier.pdf** (14.08.16).

2. **Игнатьев Ю.** Улучшение параметров УМЗЧ класса D на примере разработки автомобильного усилителя высокого класса. — Радио, 2016, № 1, с. 8—13.

3. **Putzeys B.** Ncore Technology White Paper. Version 0.0. — URL: **https://www.hypex.nl/img/upload/doc/an_wp/WP_Ncore_Technology.pdf** (14.08.17).

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. С 17 июля изменилось расписание вещания "Всемирной радиосети" (WRN), транслирующей программы на частоте 738 кГц (Москва и Подмосковье). В эфире появились две новые передачи — "Театральная шкатулка" и авторская программа журналистки Натальи Вершининой.

Полное расписание вещания смотрите на сайте "Всемирной радиосети" <**http://wrn.ru/programm.html**>. Следует отметить, что число международных вещателей, использующих эту радиосеть, вновь значительно уменьшилось.

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Белгородский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Ретро FM" на частоте 87,7 МГц в г. Старый Оскол. Мощность передатчика — 0,5 кВт (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-retro-fm-v-starom-oskole/** (23.08.17)).

18 августа в Белгороде прекращено вещание "Радио России" в OIRT-диапазоне. Жители областного центра и близлежащих районов в радиусе 40 км могут теперь слушать программы "Радио России-Белгород" на частоте 107,2 МГц.

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. 2 августа филиал РТРС "Волгоградский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио 7" на частоте 94,9 МГц в г. Волгограде. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://volgograd.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-7-v-volgograde/** (23.08.17)).

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛ. 25 июля филиал РТРС "Воронежский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Воронеже на частоте 95,9 МГц. Запуск состоялся в соответствии с плановой модернизацией сети радиовещания ВГТРК, мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://voronezh.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-radio-rossii-v-voronezhe/** (23.08.17)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. С 14 августа жители г. Черемхово и Черемховского района могут найти на частоте 104 МГц новую радиостанцию "Своё радио", которая сначала работала в тестовом режиме. Официальное открытие новой радиостанции состоялось 18 августа, и теперь "Своё радио" будет вещать на постоянной основе по всей территории Черемховского района (источник — URL: **https://newirkutsk.ru/news/gorod/v-cheremkhovskom-rayone-zapustili-svoe-radio/** (23.08.17)).

КРЫМ. В г. Алуште началось вещание "Comedy Radio". Радиостанция зазвучала в городе-курорте 1 августа 2017 г. на частоте 107,9 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/12821** (23.08.17)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 августа в г. Арзамасе на частоте 98,5 МГц начала своё вещание радиостанция "Спорт FM" (источник — URL: **https://vk.com/arzradio** (23.08.17)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Сибирский РЦ" 2 августа начал трансляцию радиостанции "Радио 54" в рабочем посёлке Ордынское, г. Тогучине и п. Радуга. Частота вещания: в Ордынском — 104,9 МГц; в Тогучине — 101,2 МГц; в Радуге — 105,9 МГц. Мощность передатчиков: в Радуге — 2 кВт; в Ордынском и Тогучине — по 0,2 кВт (источник — URL: **http://novosibirsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-54-v-ordynskom-toguchine-i-raduge/** (23.08.17)).

РЯЗАНСКАЯ ОБЛ. 1 августа филиал РТРС "Рязанский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Спорт FM" на частоте 97,3 МГц в г. Рязани. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://ryazan.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-sport-fm/** (23.08.17)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 1 августа радиостанция "Наше радио" появилась в эфире г. Верхняя Салда на частоте 100,7 МГц (источник — URL: **http://multimediaholding.ru/nashe-radio-nachalo-veshhanie-srazu-v-dvuh-gorodah-rossii/** (23.08.17)).

ТАТАРСТАН. Радиостанция "Искатель" продолжает расширять свои границы. 1 августа началось вещание в г. Набережные Челны на частоте 90,2 МГц (источник — URL: **https://radioiskatel.ru/news/radio-iskatel-v-naberezhnyh-chelnah-na-chastote-902** (23.08.17)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. Во втором квартале 2017 г. принято совместное решение ФГУП "ВГТРК" и ФГУП "РТРС" о переводе вещания "Радио России" в CCIR-диапазон на территории Тверской области. Запланированы замена оборудования на 13 объектах вещания, а также строительство восьми новых в населённых

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

пунктах Оленино, Вышнем Волочке, Старице, Андреаполе, Конакове, Торжке, Спирово, Красном Холме и Рамешках.

Исполнитель работ, филиал РТРС "Тверской ОРТПЦ", уже приступил к реализации проекта. Ведутся оформление разрешительной документации на частоты и закупка оборудования. В сентябре 2017 г. планируется начать монтаж передатчиков (источник — URL: **https://tverlife.ru/short-news/zhiteli-vsekh-rayonov-tverskoy-oblasti-smogut-uvidet-programmy-gtrk-tver-v-tsifrovom-kachestve.html** (23.08.17)).

УДМУРТИЯ. К региональной сети радиостанции "Love Radio" присоединился г. Глазов, частота вещания — 99 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4588.html** (23.08.17)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. 1 августа радиостанция "Наше радио" появилась в эфире г. Димитровграда на частоте 99,6 МГц (источник — URL: **http://multimediaholding.ru/nashe-radio-nachalo-veshhanie-srazu-v-dvuh-gorodah-rossii/** (23.08.17)).

С 1 августа "Радио Jazz" начинает вещание в г. Димитровграде на частоте 99,2 МГц (источник — URL: **http://multimediaholding.ru/radio-jazz-rasshiryaet-granitsy/** (23.08.17)).

ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АО. 11 августа к региональной сети "Радио Дача" присоединился Сургут — крупнейший город Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Частота вещания — 91,6 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4608.html** (23.08.17)).

СМИ. Управлением телерадиовещания и средств массовых коммуникаций "Роспечати" при содействии факультета журналистики МГУ имени М. В. Ломоносова, фонда содействия развитию радиовещания "Академия Радио" и аналитической службой РАЭК подготовлены отраслевые доклады: "Телевидение в России в 2016 году. Состояние, тенденции и перспективы развития", "Радиовещание в России в 2016 году. Состояние, тенденции и перспективы развития" и "Интернет в России в 2016 году. Состояние, тенденции и перспективы развития". Ссылки для ознакомления: радиовещание — <**http://www.fapmc.ru/rospechat/activities/reports/2017/teleradio/main/custom/00/00/file.pdf**>, телевидение — <**http://www.fapmc.ru/rospechat/activities/reports/2017/teleradio/main/custom/00/0/file.pdf**>.

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

НОРВЕГИЯ. Свежие цифры от мониторингового агентства "Kantar TNS" подтверждают, что местные радиостанции успешно работают, пока государственные каналы отключают свои CCIR-передатчики и переводят вещание в DAB-формат. Количество слушателей государственных каналов "NRK P3", "NRK P4" и "Radio Norway".резко снизилось. А местные станции, продолжающие вещание в CCIR-диапазоне, увеличили свою недельную аудиторию с 6,3 до 16,7 %. Отмечается недовольство слушателей, которые вынуждены приобретать новые DAB-приёмники для прослушивания передач (источник — URL: **http://www.lokalradio.no/nyheter/radionyheter/fm-slukking-stort-pluss-for-lokalradio-9087/** (23.08.17)).

ПРИДНЕСТРОВЬЕ. Согласно принятым Верховным Советом Приднестровской Молдавской Республики (ПМР, Приднестровье) поправкам в закон "О средствах массовой информации", произошла перерегистрация государственных СМИ. С 26 мая 2017 г. государственные СМИ стали официально зарегистрированными на территории Приднестровья и совместно учреждёнными Правительством ПМР и Верховным Советом. И с этого момента "Радио Приднестровья" переименовано в "Радио 1 Плюс".

Станция вещает в двух форматах: как "Радио 1" на частоте 104 МГц в городах Тирасполе, Бендерах и в Слободзейском районе. Это информационно-музыкальная станция преимущественно для людей среднего возраста.

В формате "Радио 1 Плюс" трансляция идёт в г. Каменке (частота вещания — 106,4 МГц), в городах Григориополе и Дубоссарах (частота вещания — 106 МГц), на всей остальной территории республики — на частоте 105 МГц. "Радио 1 Плюс" — информационно-музыкальная станция для людей старшего поколения. Звучат композиции середины прошлого столетия, преимущественно русскоязычные. Здесь ретранслируются информационные блоки с "Радио 1", а также звучат собственные оригинальные проекты (источник — URL: **http://radio.pgtrk. ru/ newabout** (23.08.17)).

УКРАИНА. Произошли изменения в графике работы средневолнового передатчика Первой программы "Украинского радио" (УР-1) на частоте 837 кГц с использованием передатчика, установленного в с. Тарановка Харьковской области. Начиная с 20 июля вещание на этой частоте осуществляется ежедневно с 02.57 до 17.00 без перерыва. Ранее перерыв в работе передатчика продолжался с 10.00 до 13.00, а передатчик работал до 20.00. Таким образом, общий часовой объём вещания УР-1 в течение суток на этой частоте не изменился.

Хорошего приёма и 73!

Маломощный двухполярный преобразователь напряжения

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Операционным усилителям (ОУ), применяемым в радиолюбительских конструкциях, иногда требуется двухполярный источник питания. Автор предлагает преобразователь, позволяющий получить нужные для питания ОУ напряжения +15 В и −15 В из напряжения 5 В, используемого для питания остальных узлов устройства.

Мне потребовался такой преобразователь с выходной мощностью 1...2 Вт и КПД не менее 70 %. Проектируя его, я пользовался сведениями и расчётными формулами из книги **Б. Ю. Семёнова** "Силовая электроника: от простого к сложному" (М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006). Частота преобразования была выбрана равной 100 кГц, чтобы можно было применить ферритовый магнитопровод и обеспечить минимальные габариты устройства.

Для задающего генератора преобразователя был выбран микроконтроллер ATtiny25-20SU, который позволяет сформировать две противофазные неперекрывающиеся импульсные последовательности, необходимые для управления транзисторами двухтактной выходной ступени преобразователя. Имеется возможность программно установить между импульсами этих последовательностей защитные паузы, длительность которых гарантирует отсутствие сквозного тока через транзисторы.

В этом микроконтроллере имеется также узел ФАПЧ, способный умножить частоту тактового генератора микроконтроллера в четыре или восемь раз. Тактируя её выходным сигналом таймера микроконтроллера, несложно довести частоту управляющих транзисторами импульсов до 100 кГц.

Выходную ступень преобразователя было решено построить по двухтактной схеме с выходным трансформатором, поскольку в этом случае затворы обоих полевых транзисторов этой ступени могут быть соединены с выходами микроконтроллера непосредственно без специальных драйверов, нужных для мостовых и полумостовых схем.

Схема преобразователя показана на **рисунке**. Кроме микроконтроллера DD1 с цепью R1C1, устанавливающей его в исходное состояние при включении питания, в преобразователе имеются ключевые полевые транзисторы VT2 и VT3, импульсный трансформатор T1 и двухполярный выпрямитель на диодах VD1—VD4 со сглаживающими конденсаторами C5 и C6. Транзистор VT1, конденсатор C2 и резисторы R2 и R3 образуют узел "мягкого" запуска преобразователя. При указанных на схеме номиналах элементов этого узла преобразователь выходит на рабочий режим при-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

близительно за 2 с. Резисторы R4 и R5 ограничивают ток зарядки и разрядки ёмкости затвора полевых транзисторов.

При входном напряжении преобразователя 5 В транзисторы VT2 и VT3 должны иметь максимально допустимое напряжения сток—исток не менее 10 В. При мощности нагрузки преобразователя 2 Вт и КПД 70 % амплитуда импульсов тока стока этих транзисторов около 0,6 А. Применённые транзисторы FDN337N (максимальное напряжение сток—исток — 30 В, максимальный ток стока — 2,2 А) с большим запасом соответствуют этим требованиям и малогабаритны (в корпусе SOT-23).

Диоды 1N4148 можно заменить на КД522А или другие импульсные диоды с малым временем восстановления. Можно применить и диоды с барьером Шотки и допустимым обратным напряжением не менее 40...50 В. Оксидные конденсаторы C2 и C3 — алюминиевые, C5 и C6 — танталовые, более подходящие для работы на частоте 100 кГц.

Для изготовления трансформатора T1 использован ферритовый магнитопровод K10×6×4, извлечённый из ЭПРА компактной люминесцентной лампы. Обмотки I.1 и I.2 содержат по 11 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,27 мм, обмотки II.1 и II.2 — по 39 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,12 мм. Каждую пару обмоток наматывают одновременно в два провода. Поскольку выходное напряжение преобразователя довольно сильно зависит от нагрузки, число витков обмоток II.1 и II.2 указано с небольшим запасом. После изготовления и запуска преобразователя необходимо отмотать равное число витков от каждой из этих обмоток до получения нужного напряжения на реальной нагрузке.

Магнитопровод для трансформатора я выбирал из трёх ферритовых колец одинакового размера, намотав на каждое пробную обмотку из 20 витков и измерив её индуктивность. Вычислив по результатам измерения магнитную проницаемость каждого (1635, 4879 и 2775), выбрал тот, у которого она равна 2775.

Число витков половины первичной обмотки N_1 рассчитывают по формуле

$$N_1 = \frac{D\ U_{пит}}{F\ B\ S_c},$$

где D=0,5 — коэффициент заполнения импульсов; $U_{пит}$ — напряжение питания, В; F — частота следования импульсов, Гц; B=0,25 — магнитная индукция в магнитопроводе, Тл; S_c — площадь сечения магнитопровода, $м^2$.

Число витков половины вторичной обмотки N_2 выбирают исходя из заданного выходного напряжения:

$$N_2 = N_1 \frac{U_{пит}}{U_{вых}},$$

где $U_{вых}$ — выходное напряжение, В.

Программа, загружаемая во FLASH-память микроконтроллера DD1, занимает менее 3 % её объёма. Конфигурация микроконтроллера должна быть запрограммирована в соответствии с **таблицей**, что соответствует его работе от встроенного тактового RC-генератора частотой 8 МГц. Программатор подключают к показанным на схеме линиям

Старший байт		Младший байт	
Разряд	**Сост.**	**Разряд**	**Сост.**
RSTDISBL	1	CKDIV8	1
DWEN	1	CKOUT	1
SPIEN	0	SUT1	1
WDTON	1	SUT0	0
EESAVE	1	CKSEL3	0
BODLEVEL2	1	CKSEL2	0
BODLEVEL1	1	CKSEL1	1
BODLEVEL0	1	CKSEL0	0

0 — запрограммирован;
1 — не запрограммирован.

MISO, MOSI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$ и к источнику напряжения 5 В, питающему преобразователь. При загрузке в микроконтроллер программы и конфигурации резистор R2 должен быть отключён от цепи +5 В, чтобы предотвратить запуск преобразователя по завершении программирования.

Необходимо отметить, что число, записываемое программой в регистр OCR1A микроконтроллера, всегда должно быть в два раза меньше числа в регистре OCR1C. Нарушение этого условия приведёт к асимметрии импульсов, управляющих транзисторами VT2 и VT3.

При первом включении изготовленный преобразователь, в котором транзистор VT1 отсутствовал, а истоки транзисторов VT2 и VT3 были соединены с общим проводом, не запустился, а потребляемый им ток достиг 2 А. Поскольку я предварительно проверял работу преобразователя без трансформатора, формы всех сигналов были в порядке, подозрение пало на неправильно рассчитанный или неисправный трансформатор. Но несколько разных трансформаторов были испытаны с тем же результатом. Ток удалось ограничить до 130 мА лишь включением последовательно в цепь питания оконечной ступени двух резисторов общим сопротивлением 2,5 Ом. Естественно, это не лучшее решение проблемы, так как получить высокий КПД преобразователя не удалось.

Лишь отключение выпрямителя от вторичных обмоток трансформатора, после которого ток холостого хода преобразователя упал до 20 мА, помогло выяснить истинную причину его неработоспособности — запуск происходил в режиме короткого замыкания вторичных обмоток разряженными сглаживающими конденсаторами выпрямителя. Поскольку попытки решить эту проблему программным способом успеха не имели, в преобразователь был добавлен узел плавного запуска, а ограничивающие пусковой ток резисторы удалены.

В процессе налаживания преобразователя число витков половин вторичной обмотки трансформатора T1 было уменьшено до 33. После этого при напряжении питания 5 В напряжение на плюсовом и минусовом выходах изменяется от 16,4 В до 14,3 В при изменении тока нагрузки по обоим выходам от 15 мА до 50 мА. КПД преобразователя при этом находится в пределах 79...81 %. С нагрузкой 1000 Ом только на одном выходе напряжение на нём равно 15,3 В, а на выходе, оставленном без нагрузки, — 15,8 В.

Если требуется более стабильное выходное напряжение, то число витков вторичной обмотки трансформатора можно оставить без изменения, а нагрузку подключить к выходам выпрямителей через линейные стабилизаторы напряжения. При этом общий КПД преобразователя, естественно, уменьшится.

Описанный преобразователь можно собрать на отдельной плате или поместить его на плате питаемого устройства.

*От редакции. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/dc-dc.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Устройство резервного питания

А. ГУСЕВ, г. Муром Владимирской обл.

Это простое устройство превращает в бесперебойный обычный сетевой источник питания с выходным напряжением 12 В. Оно автоматически переключает нагрузку блока на питание от аккумуляторной батареи при пропадании сетевого напряжения и обратно при его появлении. Кроме того, оно всегда поддерживает аккумуляторную батарею заряженной, а также защищает её от глубокой разрядки.

Схема устройства изображена на **рис. 1**. Его колодку XT1 соединяют с выходом резервируемого сетевого блока питания параллельно нагрузке с соблюдением полярности. Резервную аккумуляторную батарею подключают к колодке XT2. Если её напряжение не менее 10,5 В (что соответствует предельно допустимой разрядке), то участок катод—анод параллельного стабилизатора напряжения DA1 будет открыт. Поэтому при включённом сетевом источнике питания и исправной плавкой вставке FU1 реле K1 сработает и его контакты K1.1 замкнут цепь подзарядки батареи через резисторы R2 и R3. При таком способе зарядки напряжение батареи никогда не превысит напряжения источника питания. Однако чем ниже последнее, тем меньшим будет запас энергии в аккумуляторной батарее.

Сопротивление резисторов R2 и R3 выбрано таким, что при напряжении источника, равном напряжению полностью заряженной батареи (13,8...14 В для распространённых герметичных свинцово-кислотных батарей), начальный ток зарядки разряженной до 10,5 В батареи не превысит 0,7 А. Источник питания должен быть способен отдать эту "прибавку" к току, потребляемому нагрузкой.

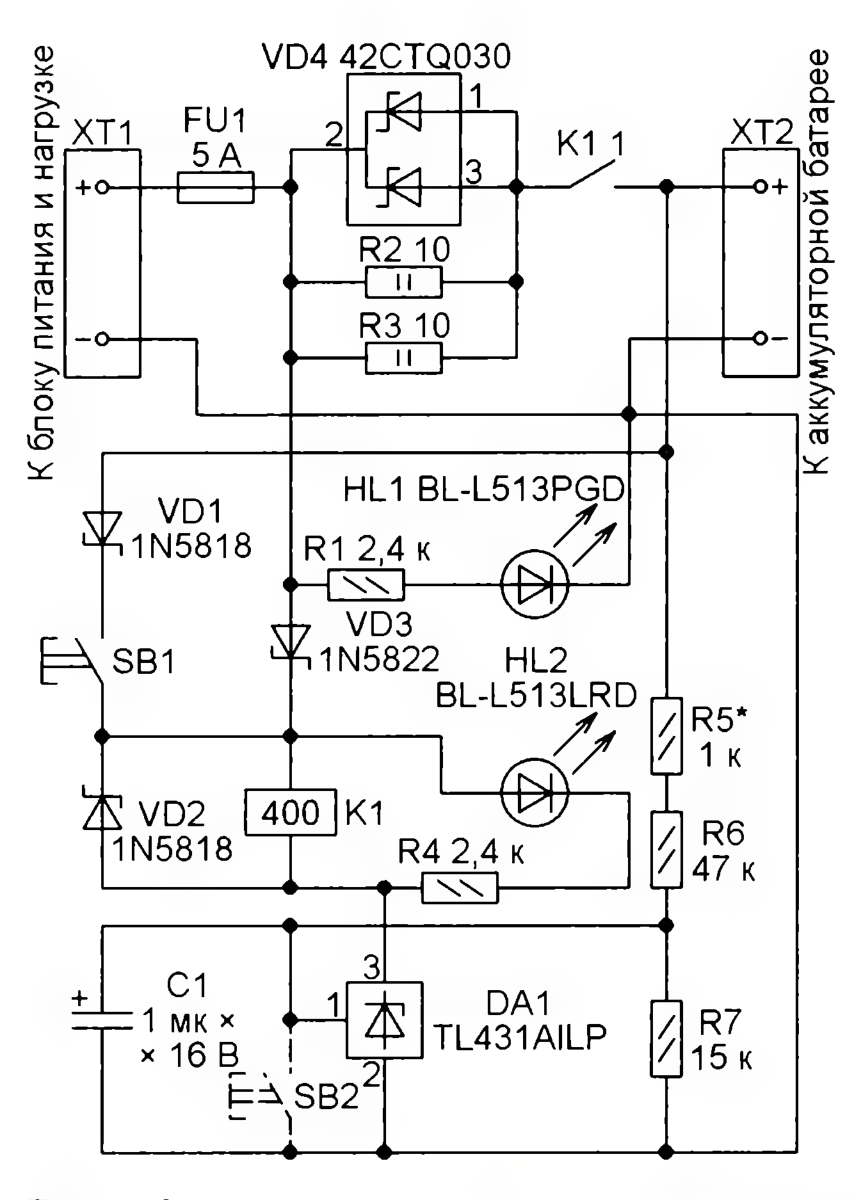


Рис. 1

Если напряжение на выходе сетевого источника питания стало ниже напряжения батареи или он вовсе отключился, нагрузка перейдёт на питание от батареи. Ток нагрузки потечёт через замкнутые контакты реле K1, сборку диодов Шотки VD4 и плавкую вставку FU1.

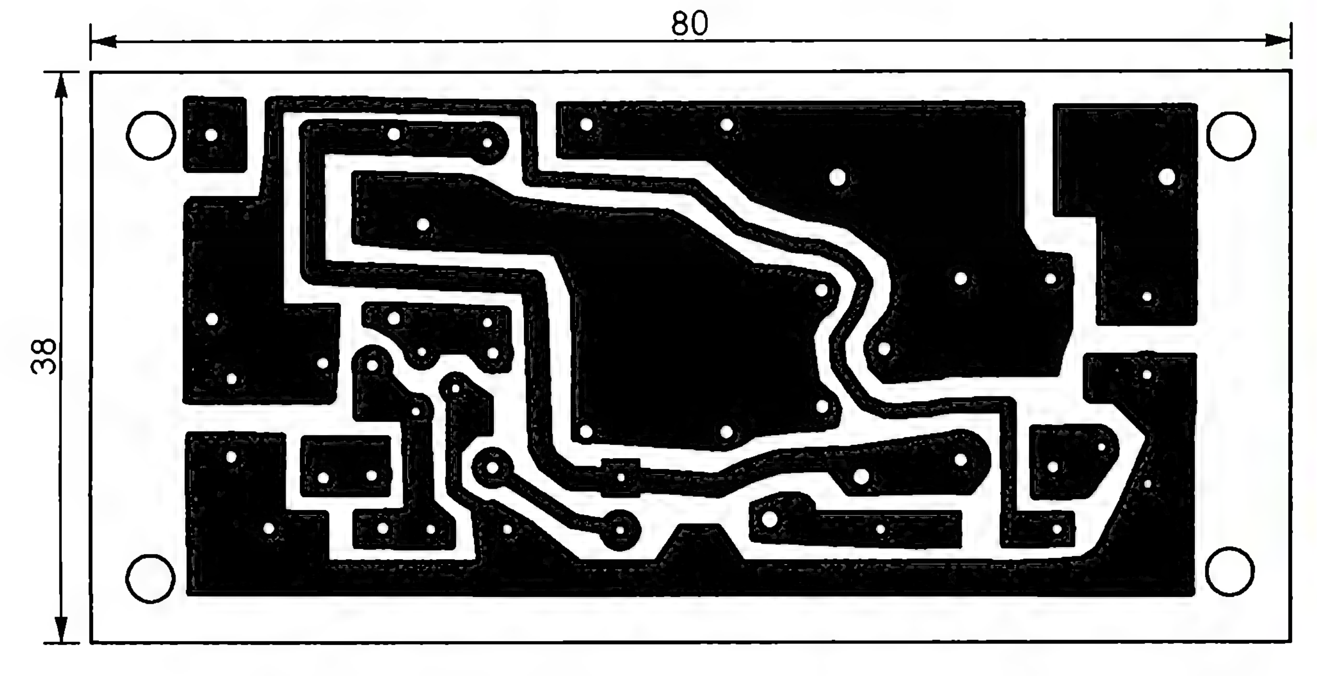
Для защиты батареи от глубокой разрядки предусмотрен узел контроля её напряжения, состоящий из параллельного стабилизатора напряжения DA1, служащего пороговым устройством, и делителя напряжения R5R6R7. При напряжении между анодом и управляющим электродом стабилизатора DA1 менее 2,5 В, т. е. напряжении батареи ниже 10,5 В, участок катод—анод стабилизатора закроется и ток через обмотку реле K1 прекратится. Разомкнувшиеся контакты K1.1 отключат от батареи нагрузку.

Поскольку устройство предназначено для питания нагрузки, которая должна работать непрерывно, автоматическое отключение аккумуляторной батареи до её полной разрядки не предусмотрено. Поэтому после отключения не только сетевого питания, но и нагрузки батарея продолжит разряжаться током, текущим через обмотку реле K1. В такой ситуации рекомендуется отключить от устройства и батарею. Если физически отключать её от колодки XT2 неудобно, можно ввести в устройство кнопку SB2, показанную на схеме рис. 1 штриховыми линиями. Кратковременное нажатие на неё приведёт к закрыванию участка катод—анод стабилизатора DA1 и размыканию контактов K1.1. Единственным потребителем тока от батареи останется делитель напряжения R5R6R7.

Если сетевой источник питания отсутствует, а нагрузку необходимо запитать от аккумуляторной батареи, необходимо подключить её (нагрузку) к колодке XT1 и кратковременно нажать на кнопку SB1. Реле K1 сработает и останется в таком состоянии и после отпускания кнопки, пока батарея не разрядится до напряжения 10,5 В, или же не будет нажата кнопка SB2.

Диод VD1 нужен для защиты от случайного нажатия на кнопку SB1 при наличии на колодке XT1 напряжения сетевого источника питания. Диод VD2 устраняет всплески напряжения самоиндукции на обмотке реле K1. Диод VD3 предохраняет диод VD1 и нажатую кнопку SB1 от протекания через них тока нагрузки. Светодиод HL1 сигнализирует о том, что на нагрузку поступает напряжение от сетевого источника или аккумуляторной батареи. Светодиод HL2 включён, когда напряжение аккумуляторной батареи больше 10,5 В.

Чертёж печатной платы устройства и размещения деталей на ней показан на **рис. 2**. Для плавкой вставки FU1 на плате установлен держатель FH-102C. Кнопка SB1 — тактовая DTS-32. Контакт-



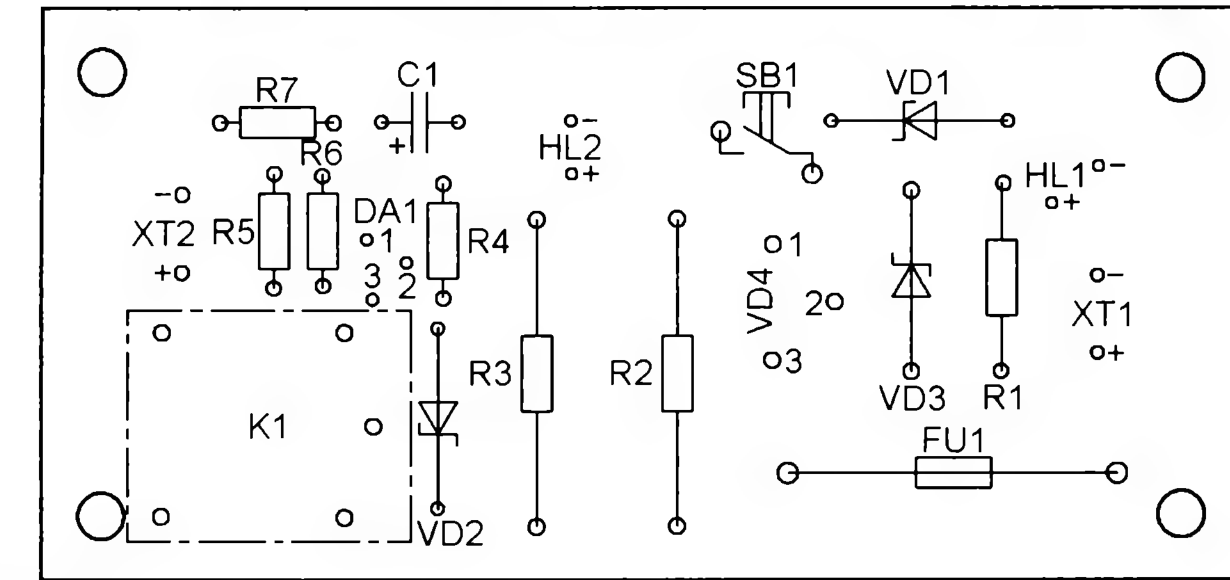


Рис. 2

Рис. 3



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ные колодки XT1 и XT2 — 301-021-12 С, но могут быть применены и другие с шагом контактов 5 мм и допустимым током не менее потребляемого нагрузкой.

Сборку диодов Шотки 42CTQ030 можно заменить на VS-40CTQ045PBF или аналогичную. Необходимо учитывать, что допустимый ток через её диоды должен быть в несколько раз больше, чем ток срабатывания плавкой вставки FU1. Вместо светодиодов, типы которых указаны на схеме, допускается установить другие подходящего цвета свечения.

Реле K1 — SRD-12VDC-SL-C или другое с контактами, достаточно мощными для коммутации нагрузки, с которой предполагается эксплуатировать устройство. Номинальное рабочее напряжение обмотки реле должно быть 12 В, а её сопротивление как можно больше, что снизит ток, потребляемый от аккумуляторной батареи в отсутствие сетевого питания.

Внешний вид устройства показан на **рис. 3**. Его налаживание сводится к установке нужного напряжения отключения аккумуляторной батареи подборкой резистора R5.

Лабораторный блок питания на Arduino

О. КОЛЬЧУРИН, г. Нижняя Тура Свердловской обл.

Этот блок предназначен для домашней лаборатории радиолюбителя. Его выходное напряжение можно регулировать от 0,5 до 15,5 В. Имеется защита от замыкания выхода или превышения допустимого тока нагрузки. Порог её срабатывания можно изменять от 0,2 до 2 А. Информация об установленных напряжении, токе нагрузки и заданном пороге срабатывания токовой защиты выводится на экран ЖКИ от сотового телефона Nokia 5110.

Блок включают и выключают нажатиями на соответствующие кнопки. Третья кнопка даёт возможность временно отключить и вновь включить напряжение на выходе блока. С её же помощью восстанавливают работоспособность блока после срабатывания токовой защиты. При простое без нагрузки более 5 мин блок отключается от сети автоматически.

Схема блока питания изображена на **рис. 1**. Нажатие на кнопку SB3 подключает обмотку I трансформатора T1 к сети ~230 В. Блок начинает работать, и прежде всего, программа микроконтроллера устанавливает высокий логический уровень напряжения на выходе D1 модуля Arduino Nano, обозначенного на схеме A1. Этим открывается транзистор VT1, реле K1 срабатывает и замкнувшимися контактами K1.1 шунтирует кнопку SB3, которую теперь можно отпустить.

На экране ЖКИ начало работы блока отмечается заставкой в виде двух вращающихся зубчатых колёс (**рис. 2**), которая сменяется информацией о версии программы (**рис. 3**). Затем появляется основное изображение (**рис. 4**) со значениями выходного напряжения, тока нагрузки, отдаваемой в нагрузку мощности (программа вычисляет её как произведение первых двух параметров) и установленного тока срабатывания защиты.



Рис. 2

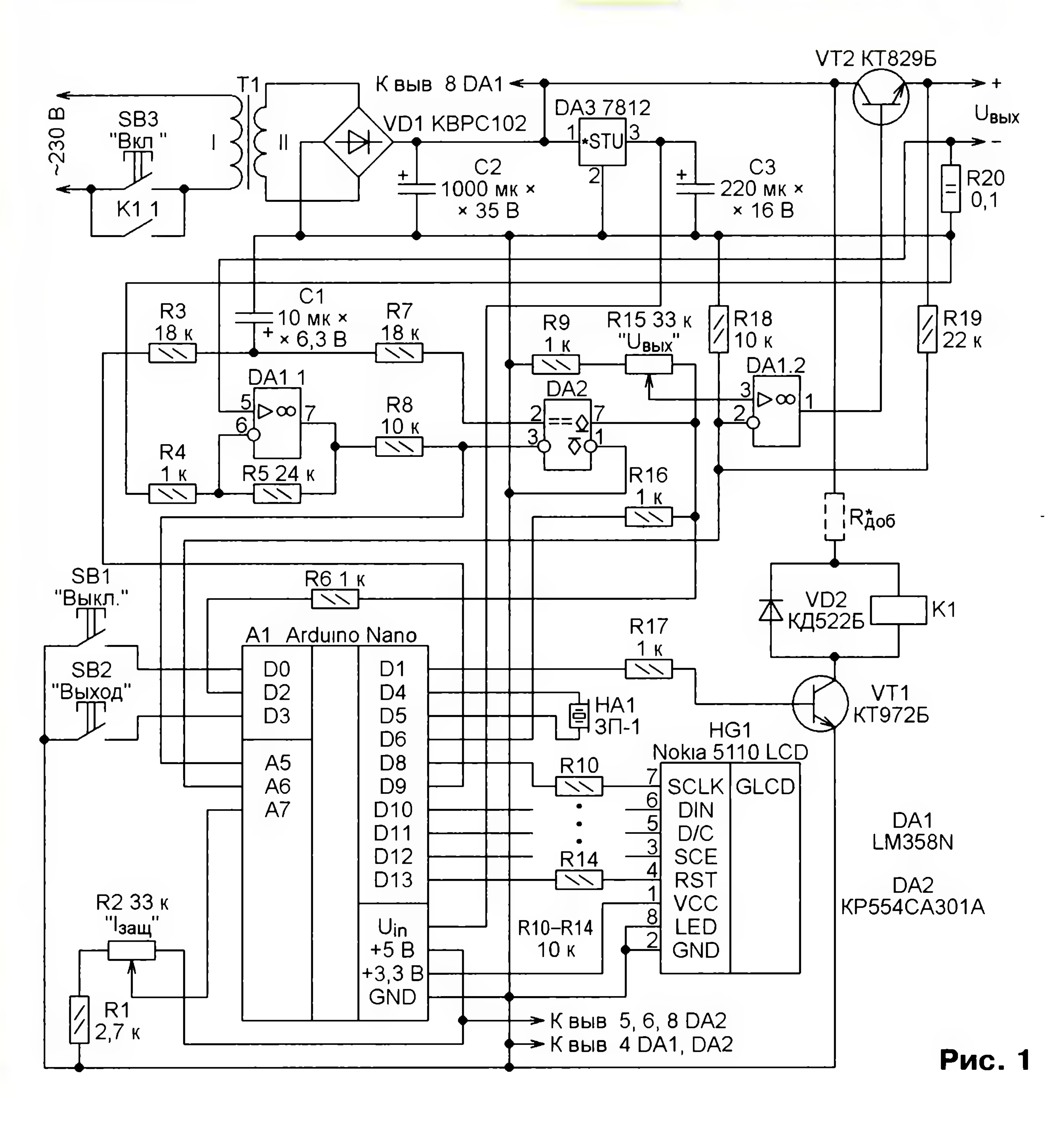


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

При нажатии на кнопку SB1 низкий уровень на входе D0 модуля A1 приводит к тому, что программа выводит на экран прощальное сообщение (**рис. 5**) и устанавливает низкий уровень на выходе D1 модуля A1. Транзистор VT1 закрывается, реле K1 размыкает контакты и этим отключает блок от сети.

Стабилизатор выходного напряжения собран на ОУ DA1.2 и транзисторе VT2. Коэффициент пропорциональности между установленным переменным резистором R15 задающим напряжением на неинвертирующем входе ОУ DA1.2 и выходным напряжением стабилизатора равен R19/R18+1 (3,2 при указанных на схеме номиналах резисторов R18 и R19). Эти резисторы образуют делитель выходного напряжения, часть которого поступает для измерения на аналоговый вход A6 модуля A1. Задающее напряжение получено из выведенного на вывод D6 модуля A1 образцового напряжения встроенного в этот модуль АЦП, которое можно включить или выключить программно.

Вывод D2 модуля A1 сконфигурирован программой как вход запросов её внешнего прерывания. Если ток нагрузки превысит заданный порог, напряжение на инвертирующем входе компаратора DA2 станет больше, чем на неинвертирующем. Выходной транзистор компаратора откроется и зашунтирует резисторы R9 и R15 цепи регулировки выходного напряжения блока, которое станет нулевым. Одновременно низкий уровень поступит на вход запроса прерывания программы D2. Процедура обработки прерывания выдержит паузу приблизительно 50 мс, а затем, если перегрузка не прекратилась, выключит образцовое напряжение на выходе D6. В результате выходное напряжение блока останется равным нулю и после прекращения перегрузки. Пауза необходима для предотвращения аварийных срабатываний защиты при подключении к блоку нагрузки с конденсаторами большой ёмкости. Сигналом срабатывания защиты служит изображение ладони (**рис. 6**) на экране ЖКИ. Чтобы вернуть блок в рабочий режим, нужно нажать на кнопку SB2.

Power Box !
ver 1,0,2 OK.

Рис. 3

Un(V) = 5.91
In(A) = 1.02
Pn(W) = 6.08
Ik(A) = 2.00

Рис. 4

Во время нормальной работы блока питания нажатие на кнопку SB2 выключает образцовое напряжение на выходе D6 модуля A2, в результате чего напряжение на выходе блока падает практически до нуля. Сигнализируя об этом, изображение на экране ЖКИ HG1 станет негативным. Повторное нажатие на кнопку SB2 вернёт блок в прежнее состояние.

К аналоговому входу A7 модуля A1 подключён движок переменного резистора R2, которым регулируют порог срабатывания токовой защиты блока. Подбирая резистор R1, устанавливают минимальное значение этого порога.

Вывод D9 сконфигурирован программой микроконтроллера как выход импульсов с ШИМ. В модуле Arduino Nano частота повторения этих импульсов по умолчанию — около 490 Гц. Для удовлетворительного сглаживания импульсов, следующих с такой низкой частотой, и выделения их постоянной составляющей потребовался бы слишком сложный фильтр. Поскольку в среде разработки программ Arduino IDE стандартная функция для изменения этой частоты отсутствует, она была повышена до 3900 Гц прямым изменением константы в соответствующем регистре микроконтроллера:



Рис. 5



Рис. 6

```
TCCR1B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x02;
```

Вращение ручки переменного резистора R2 изменяет коэффициент заполнения импульсов на выходе D9. Фильтр R3C1 выделяет из импульсной последовательности постоянную составляющую, которая поступает на неинвертирующий вход компаратора напряжения DA2 и задаёт порог его срабатывания. На инвертирующий вход компаратора поступает с датчика тока (резистора R20) через усилитель на ОУ DA1.1 с коэффициентом усиления 25 пропорциональное току нагрузки блока напряжение.

Печатная плата для этого блока питания не разрабатывалась. Всё собрано на двух макетных платах размерами 50×75 мм. На одной из них установлен ЖКИ HG1 с резисторами R10—R14, на другой — всё остальное, за исключением транзистора VT2 с теплоотводом и трансформатора T1.

Трансформатор должен быть мощностью не менее 36 В·А и с напряжением на вторичной обмотке около 18 В. Контакты реле K1 должны быть рассчитаны на коммутацию переменного напряжения не менее 250 В. Если номинальное рабочее напряжение обмотки реле меньше выпрямленного диодным мостом VD1, излишек нужно погасить, включив последовательно с обмоткой реле резистор $R_{доб}$, показанный на схеме рис. 1 штриховой линией.

К статье приложены две компьютерные программы, облегчающие подготовку изображений для вывода на графический ЖКИ. Исходные данные для них — цветные или монохроматические изображения в форматах *.BMP, *.JPG, *.PNG, *.TGA или *.TIFF. Программа GLCD84X48 Converter укладывает это изображение в размеры 84×48 пкс и преобразует его в битовый формат. Она выдаёт результат в виде текстового файла на языке C, пригодного для включения в программу микроконтроллера, и помещает его под именем graphics.c на рабочий стол компьютера. Программа OLED_LCD 128X64 I2C convertimage работает аналогично, но формирует файл для загрузки в графический дисплей с размерами экрана 128×64 пкс и интерфейсом I^2C.

*От редакции. Программа для модуля Arduino, библиотеки к ней и программы для компьютера имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/bp1.zip** на нашем FTP-сервере.*

Зарядное устройство для шуруповёрта

В. БАРАНОВ, г. Санкт-Петербург

После года эксплуатации ёмкость Ni-Cd батарей аккумуляторов двух шуруповёртов резко уменьшилась, а штатное зарядное устройство (ЗУ) не выдержало экспериментов самодеятельных дачных электриков (напряжение сети колебалось в интервале 165...270 В). Вообще-то, штатное ЗУ и при нормальном напряжении вело себя не совсем адекватно, сильно разогревалось, а окончание процесса зарядки установить было невозможно.

Восстановление потерявших ёмкость аккумуляторных батарей (10 шт. Ni-Cd аккумуляторов) я произвёл по методике [1]. В результате одна батарея стала работать удовлетворительно, второй это не помогло, поэтому она была заменена четырьмя Li-Ion аккумуляторами (типоразмер — 18650, ёмкость — 9800 мА·ч). Для зарядки этих разных батарей было изготовлено комбинированное ЗУ, схема которого показана на **рис. 1**.

Ток зарядки определяет суммарная ёмкость конденсаторов C1 и C2 и составляет около 120 мА. Собственное потребление устройства — около 10 мА. ЗУ допускает значительные колебания напряжения питания, а режим короткого замыкания в цепи нагрузки ему не страшен. Переменный ток выпрямляет диодный мост VD1. Пороговое напряжение, до которого заряжается батарея, устанавливают подстроечными резисторами R9 (Ni-Cd) или R11 (Li-Ion). Пока батарея не заряжена, ток зарядки протекает через диод VD2, транзисторы VT1 и VT2 закрыты. Светодиод HL1 светит, сигнализируя об этом процессе. При достижении порогового напряжения ток через параллельный стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 (который работает как компаратор) резко увеличивается, поэтому последовательно открываются транзисторы VT2 и VT1. В результате ток зарядки протекает через транзистор VT1 и напряжение на нём уменьшается. В результате светодиод HL1 гаснет, а диод VD2 закрывается, не давая батарее разряжаться. Цепь VD3R7 обеспечивает гистерезис переключения компаратора (примерно 1,8 В), так как после отключения зарядного тока происходит снижение напряжения на батарее. При включении ЗУ без подключённой батареи светодиод HL1 кратковременно вспыхивает (частота вспышек определяется ёмкостью конденсатора C3). Подобная картина наблюдается и при подключении неисправного аккумулятора с обрывом цепи или малой ёмкостью.

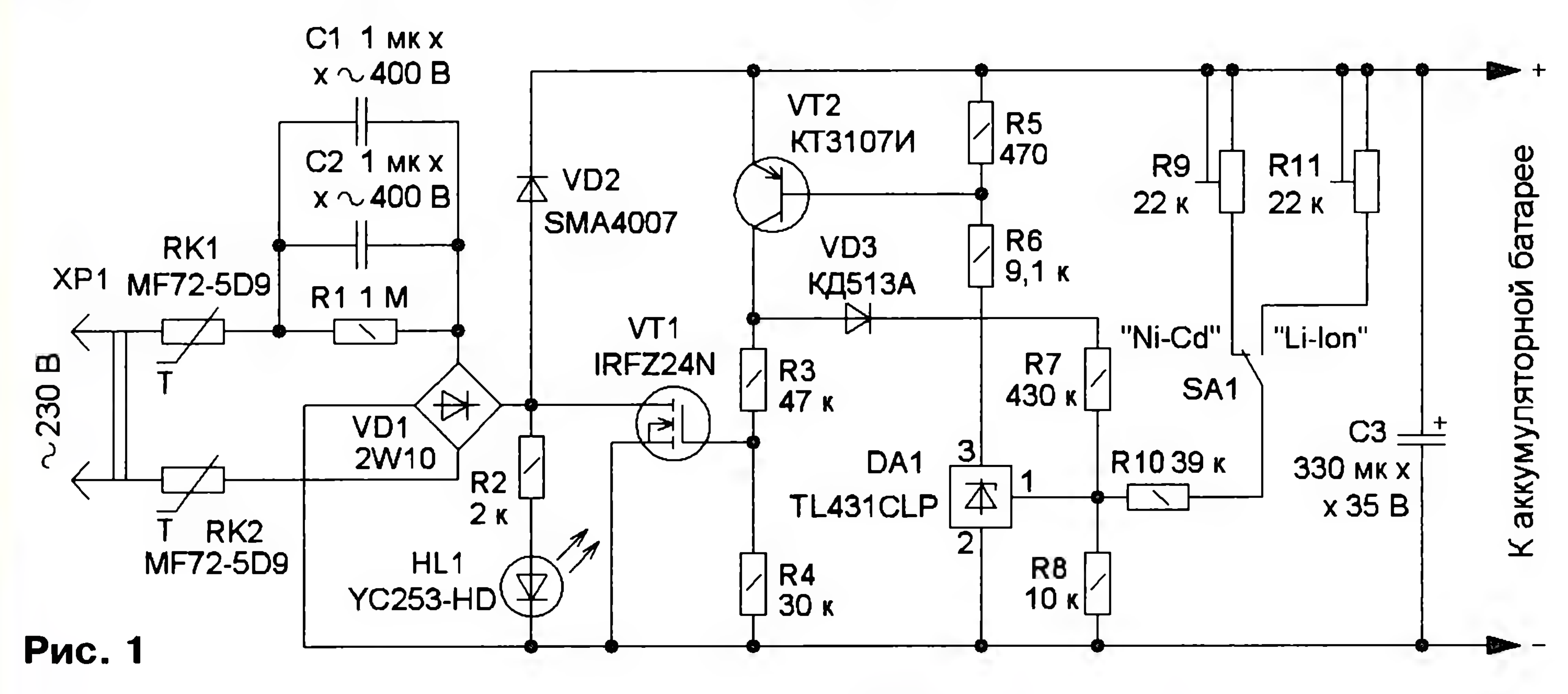
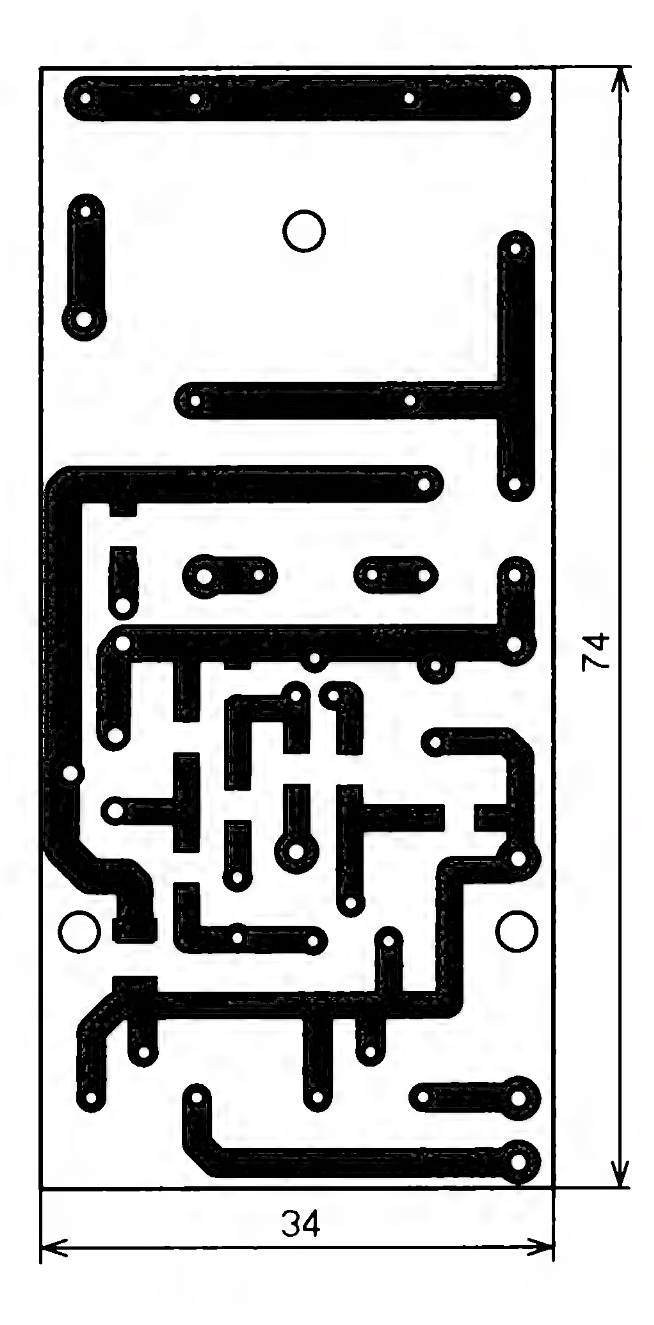
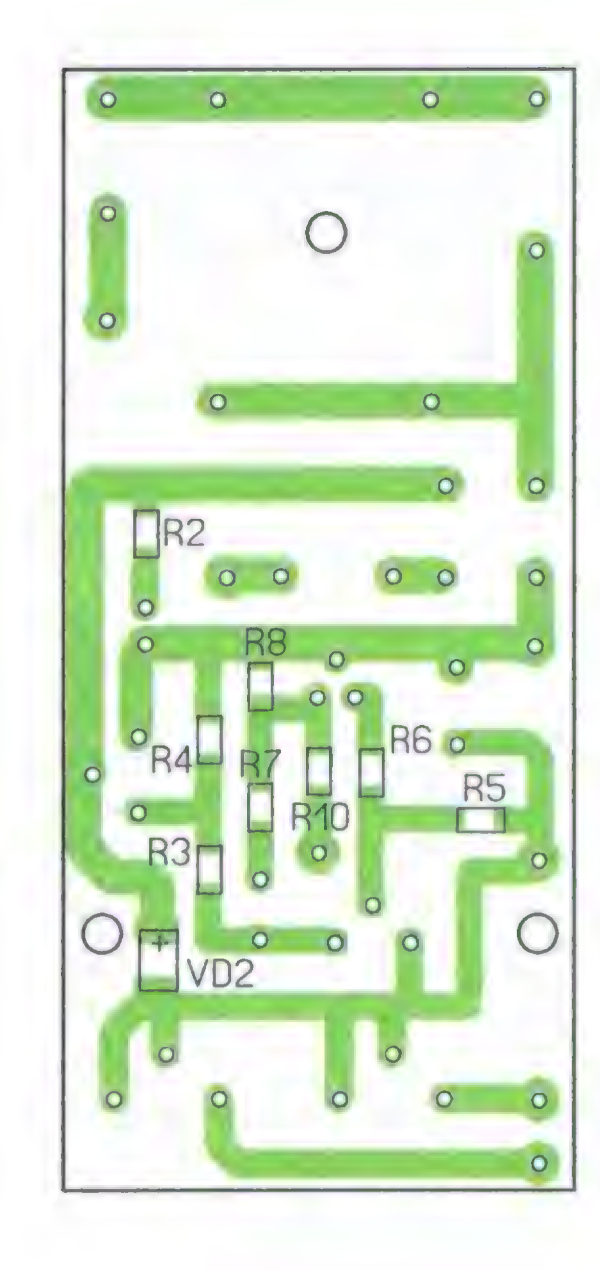


Рис. 1

Большинство элементов смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 2**. Применены постоянный резистор R1 МЛТ, С2-23, остальные — для поверхностного монтажа типоразмера 1206, конденсаторы C1, C2 использованы из компьютерного ИБП, можно применить аналогичные, рассчитанные для работы на переменном токе. Оксидный конденсатор C3 — импортный или К50-6, К50-35. Транзистор IRFZ24N можно заменить транзистором IRFZ34N, IRFZ44N. Терморезисторы RK1, RK2 можно заменить одним сопротивлением 10...30 Ом, диодный мост 2W10 можно заменить мостом DB107 или четырьмя диодами 1N4007. Такими же диодами можно заменить диоды SMA4007 и КД513А. Светодиод может быть маломощным любого свечения.





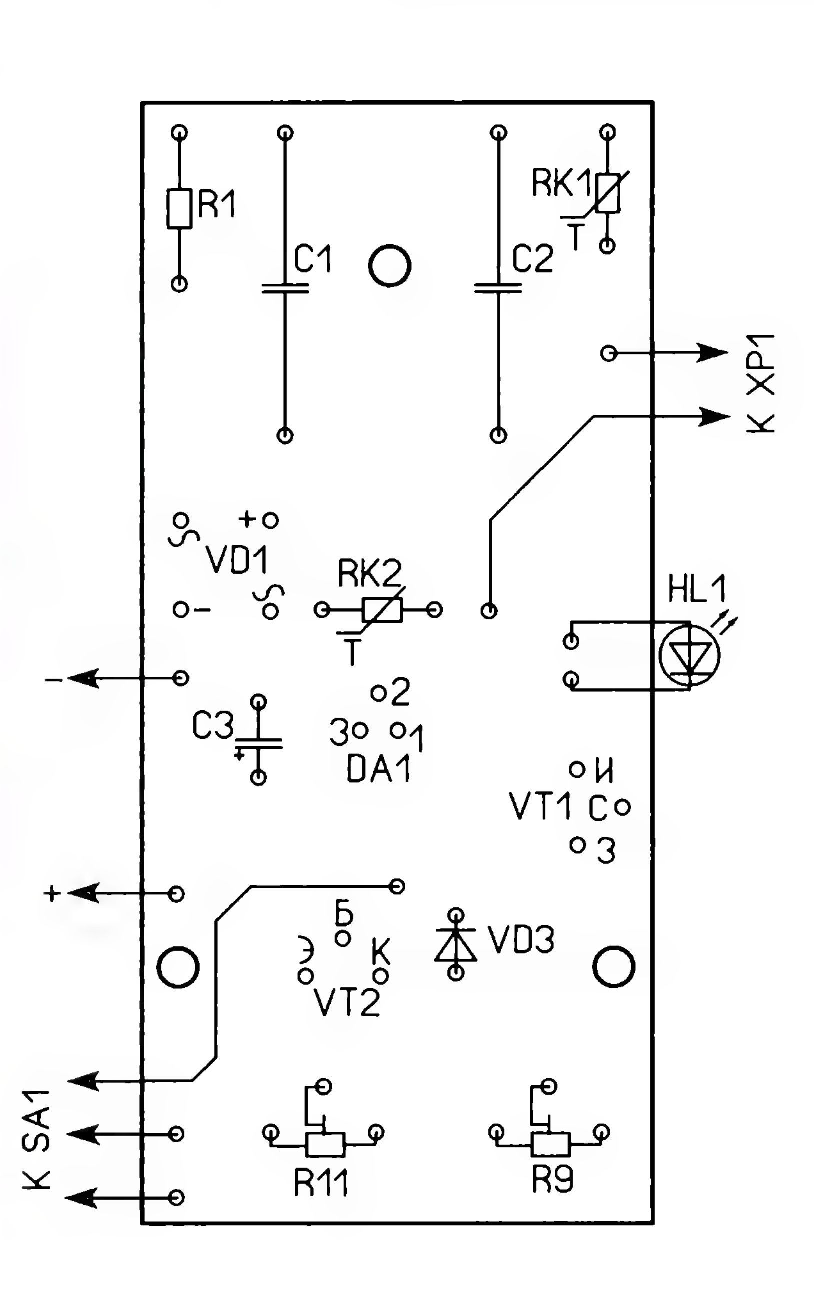


Рис. 2

РАДИО № 10, 2017

Плату размещают на дне пластмассового корпуса подходящего размера, на его верхней крышке сделано отверстие для светодиода, на боковых — отверстия для переключателя, сетевого провода и проводов для подключения аккумуляторной батареи.

Налаживание устройства заключается в установке требуемого порогового напряжения подстроечными резисторами R9 и R11. Вместо аккумулятора временно подключают конденсатор большой ёмкости (2000...5000 мкФ) и вольтметр. Регулировка производится по максимальному показанию вольтметра.

Для Li-Ion батареи порог отключения — 16,5 В, так как предельно допустимое напряжение составляет 16,8 В или 4,2 В на элемент, порог для Ni-Cd батареи — 15,2 В, так как предельно допустимое напряжение составляет 15,2 В или 1,52 В на элемент. Указанные пороги взяты из имеющейся практики, к сожалению, в различных источниках встречается значительный разброс данного параметра, очевидно, что причиной этому является влияние легирующих присадок и разные условия проведения измерений. Например, для свинцовых аккумуляторов приведены данные [2] о требуемом напряжении 14,7 В при температуре +25 °С, а батарея GP12-4.5-S начинает кипеть уже при 14,1 В, а у автомобильных аккумуляторов такого эффекта не наблюдается. Можно заряжать и свинцовые аккумуляторы малой ёмкости. При этом пороговое напряжение — 14,2 В или то, что требуется для конкретного типа аккумулятора.

Без изменения схемы можно увеличить зарядный ток в несколько раз соответствующим увеличением ёмкости конденсаторов С1 и С2 при соответствующей коррекции печатной платы.

При зарядке аккумуляторной батареи следует соблюдать правила техники безопасности и исключить возможность прикосновения к батарее и другим элементам устройства, поскольку они имеют гальваническую связь с сетью 230 В. Поэтому отключение и подключение заряжаемой батареи следует проводить только при отключённом от сети ЗУ. Соответствующую предупреждающую надпись надо обязательно разместить на корпусе устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реальный способ восстановить на 100 % аккумулятор шуруповёрта, по моей методике NI-CAD 1.2V. — URL: — **http://peling.ru/realnyiy-sposob-vosstanovit-na-100-akkumulyator-shurupoverta-po-moey-metodike-ni-cad-1-2v/** (22.08.17).

2. Ликбез по кислотным аккумуляторам. — URL: **https://samodelcin.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0039/39764.ry23k68as7.pdf** (22.08.17).

Первичные электронно-механические часы

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

Первичные часы — основа систем часофикации, применяемых в учебных заведениях, небольших организациях, многоквартирных домах и т. д. для синхронного управления так называемыми вторичными часами. В статье описан в общем виде маятниковый генератор первичных часов, предназначенный для формирования импульсов с периодом повторения от 1,25 до 2 с для электромеханических или полностью электронных часов. Период импульсов грубо подбирают изменением длины стержня маятника, а точно — изменением центра равновесия маятника перемещением груза по направляющим с помощью гайки.

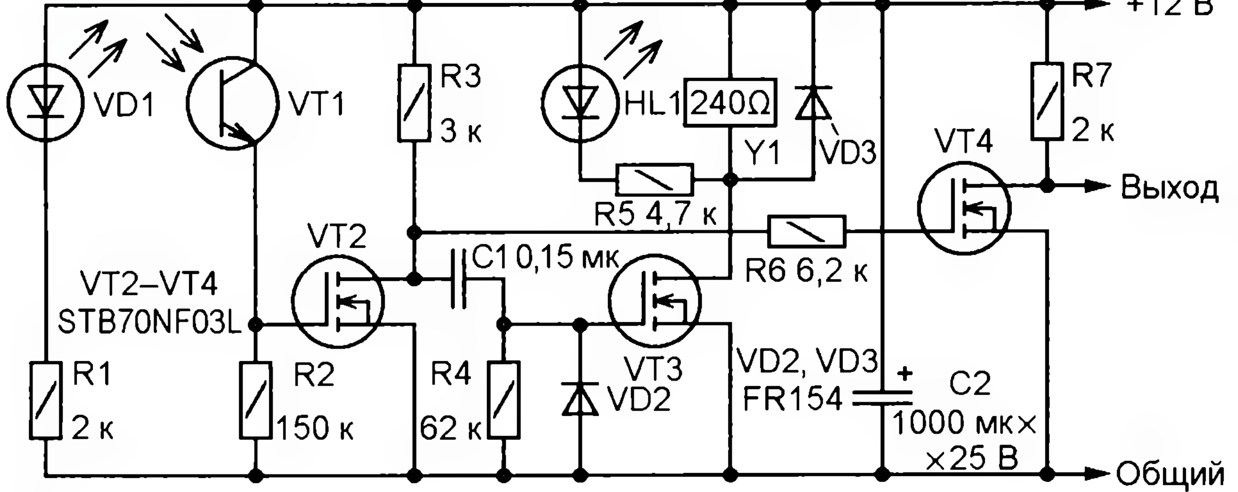


Рис. 1

Главный фактор точности хода — это стабильность напряжения питания электрической части генератора. Схемы двух вариантов такого устройства приведены на **рис. 1** и **рис. 2**. Здесь излучающие диоды VD1, VD2 и фототранзисторы VT1, VT2 образуют оптопары с открытым оптическим каналом, запускающие "механизм" формирования импульсов управления работой электромагнитов Y1. Открывание и закрывание оптического канала осуществляется непрозрачной шторкой, закреплённой на маятнике и перемещающейся при его качании в зазоре между излучающими диодами и фотоприёмниками. В первом устройстве изменяются время открывания транзистора VT3 от уровня заряда конденсатора С1 и сила тока через электромагнит Y1, во втором — только сила тока через электромагнит Y1, поэтому его точность выше — не хуже кварцевых часов (проверялась по сигналам точного времени). Потребляемый ток обоих устройств не превышает 10 мА.

Рассмотрим более подробно работу генератора по схеме на рис. 1. При открытом канале связи оптопары VD1VT1 (шторка не перекрывает его) транзисторы VT1, VT2 открыты и конденсатор С1 разряжается через диод VD2 и малое сопротивление канала полевого тран-

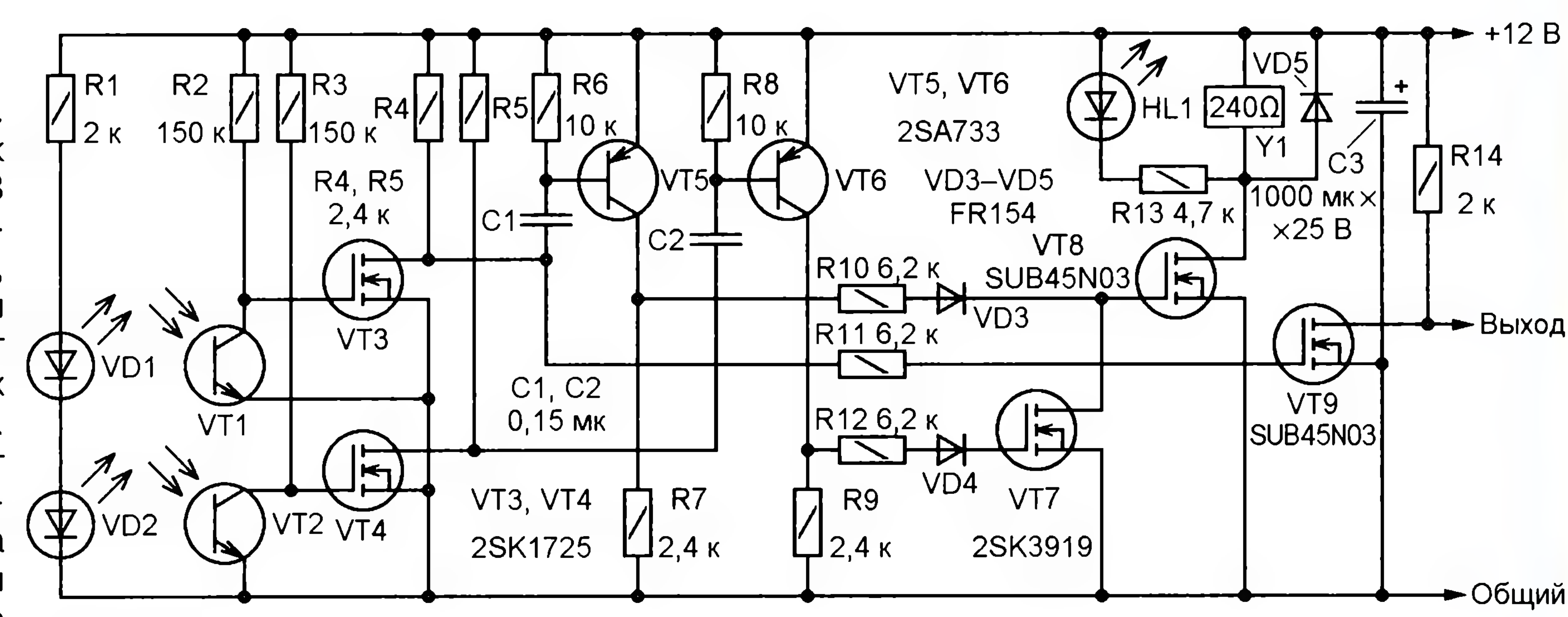
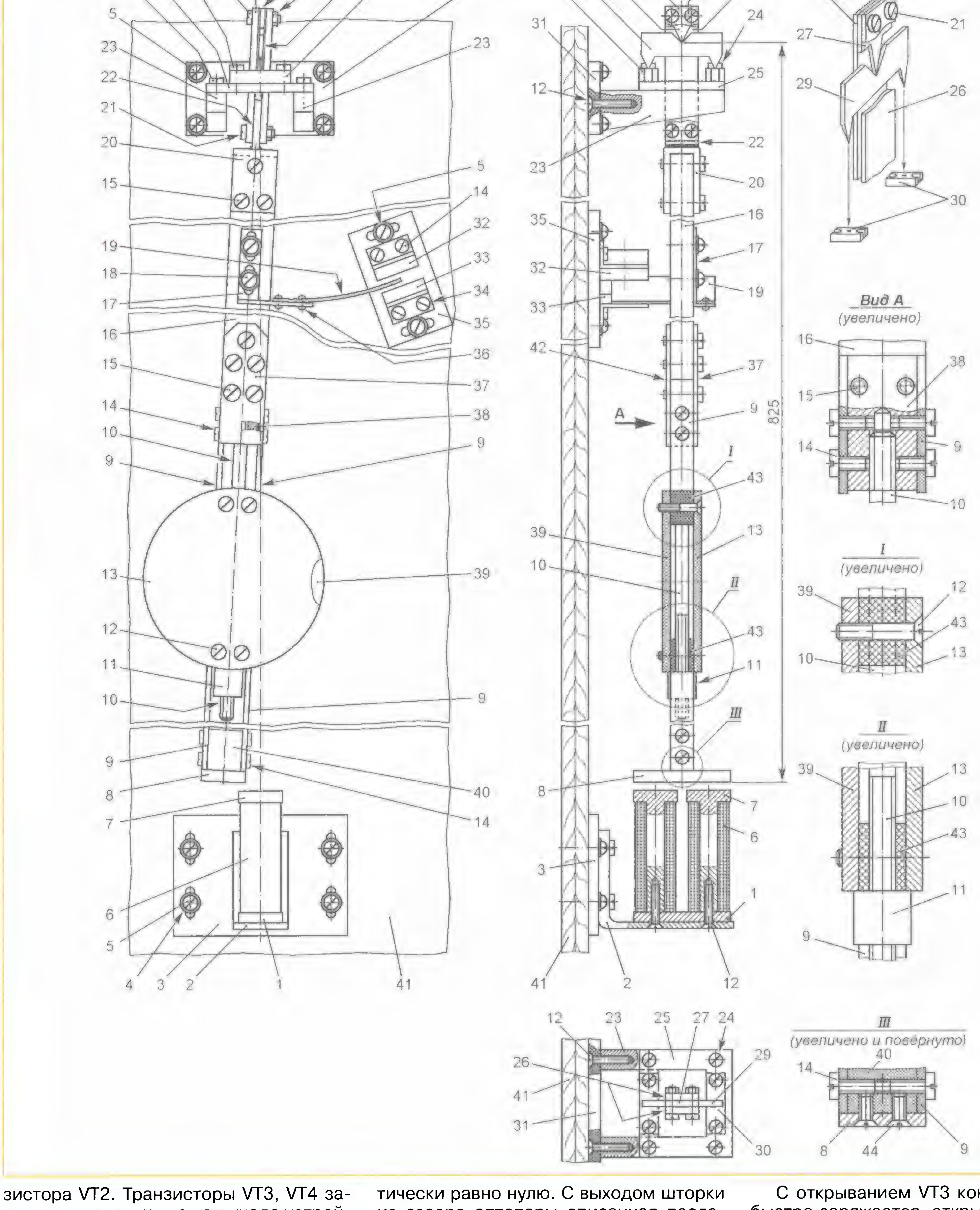


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



зистора VT2. Транзисторы VT3, VT4 закрыты, и напряжение на выходе устройства равно +12 В.

Перекрывание оптического канала связи шторкой приводит к тому, что транзисторы VT1, VT2 закрываются, напряжение на стоке VT2 возрастает до +12 В и конденсатор C1 заряжается через резисторы R3 и R4. На время его зарядки открывается транзистор VT3, и электромагнит Y1 получает короткий импульс для "подпитки" колебательного движения маятника. Всё время, пока фототранзистор VT1 закрыт, транзистор VT4 открыт, и напряжение на его стоке практически равно нулю. С выходом шторки из зазора оптопары описанная последовательность событий повторяется.

В генераторе по схеме на рис. 2 при открытых каналах обоих оптопар транзисторы VT1, VT2 открыты, а VT3, VT4 закрыты, поэтому конденсаторы C1 и C2 разряжаются через резисторы R4, R6 и R5, R8, напряжение на стоке VT9 практически равно нулю. При закрывании шторкой канала оптической связи оптопары VD1VT1 закрывается VT1, открывается VT3, но следом закрывается VT9, и напряжение на его стоке повышается до +12 В.

С открыванием VT3 конденсатор C1 быстро заряжается, открывая при этом транзистор VT5. С его коллектора снимается короткий импульс положительной полярности, открывающий транзистор VT8, который, в свою очередь, включает ток через электромагнит Y1 (используется свойство полевого транзистора сохранять заряд на затворе).

Когда же шторка, продолжая движение, перекрывает оптический канал оптопары VD2VT2, открываются транзисторы VT4 и (на время зарядки конденсатора C2) VT6. С коллектора последнего снимается импульс положи-

Рис. 3. Конструкция маятника: **1** — ярмо электромагнита, сталь листовая; **2** — уголок, сплав алюминиевый, закрепить на дет. 3 винтами 14; **3** — основание электромагнита, стеклотекстолит, закрепить на дет. 41 шурупами 5 с шайбами 4; **4** — шайба, сталь, 12 шт.; **5** — шуруп, сталь, 8 шт.; **6** — обмотка электромагнита; **7** — керн, сталь, 2 шт., закрепить вместе с дет. 1 на дет. 2 винтами 12; **8** — якорь, сталь, крепить к дет. 40 винтами 44; **9** — направляющие, сталь, 2 шт., крепить к дет. 40 и 38 винтами 14; **10** — шпилька, сталь, закрепить в резьбовом отверстии дет. 38 клеем БФ-2; **11** — гайка, латунь; **12** — винты, сталь, 8 шт.; **13**, **39** — диски груза, латунь, соединить один с другим винтами 12 через бруски 43; **14** — винты, сталь, 8 шт.; **15** — винты, сталь, 8 шт.; **16** — стержень маятника, фанера; **17** — уголок, сплав алюминиевый, крепить к дет. 16 шурупами 18 с шайбами 4; **18** — шуруп, 2 шт.; **19** — шторка, сплав алюминиевый листовой, закрепить на дет. 17 заклёпками 36; **20**, **22** — детали держателя стержня маятника, латунь, соединить под прямым углом пайкой, крепить к дет. 16 винтами 15; **21** — винты, сталь, 4 шт.; **23** — кронштейны, сплав алюминиевый листовой, 2 шт., крепить к дет. 31 винтами 12; **24** — винты, сталь, 8 шт.; **25** — пластина узла подвеса маятника, стеклотекстолит, крепить к дет. 23 винтами 24; **26** — рейки узла подвеса, сталь, 2 шт., соединить с дет. 22 и 27 винтами 21 с гайками 28; **27** — планка вертикальной стабилизации маятника, латунь листовая; **28** — гайки, сталь, 4 шт.; **29** — планка качания, сталь; **30** — подшипник, латунь, 2 шт., закрепить на дет. 25 винтами 24; **31** — основание узла подвеса, стеклотекстолит, крепить к стенке 41 винтами 5 с шайбами 4; **32** — узел излучающего диода оптопары, клеить к дет. 34 клеем "Момент"; **33** — узел фототранзистора оптопары, клеить к дет. 34 клеем "Момент"; **34** — уголок, сплав алюминиевый, 2 шт., крепить к дет. 35 винтами 14; **35** — основание оптопары, стеклотекстолит, крепить к стенке 41 шурупами 5 с шайбами 4; **36** — заклёпки, сплав алюминиевый, 2 шт.; **37**, **42** — детали крепления стержня маятника, латунь листовая; **38** — деталь крепления направляющих 9; **40** — деталь крепления направляющих 9 и якоря 8; **41** — задняя стенка корпуса часов, фанера толщиной 10 мм; **43** — бруски, стеклотекстолит, 2 шт.; **44** — винт, сталь, 2 шт.

тельной полярности, кратковременно открывающий транзистор VT7, который снимает заряд с затвора VT8 и выключает ток через электромагнит Y1. Таким образом, ток через электромагнит течёт только во время прохождения шторкой расстояния между каналами оптопар.

После открывания оптопары VD1VT1 при обратном движении шторки закрывается VT3 и открывается VT9, в результате чего напряжение на его стоке понижается до нуля. Далее всё описанное повторяется сначала.

Конструкцию механической части генератора поясняет **рис. 3**. Её основа — деревянный ящик размерами 1200×290×120 мм, задняя стенка, на которой закреплены узел подвеса маятника, оптопара и электромагнит, изготовлена из фанеры толщиной 10 мм. Общая длина маятника (от точки подвеса до нижней, по чертежу) плоскости якоря 8 — 825 мм.

Особое внимание необходимо уделить изготовлению и регулировке узла подвеса маятника. Этот механизм необходим для регулирования положения плоскости колебаний маятника относительно задней стенки (они должны быть параллельны), он не должен препятствовать вертикальной установке оси стержня 16 и допускать его балансирные колебания вокруг этой оси. Наконец, потери энергии при колебаниях маятника должны быть минимальными (в экспериментах автора свободные колебания маятника продолжались около 10 мин).

Узел подвеса состоит из закреплённого на задней стенке 41 основания 31, двух кронштейнов 23, закреплённых на нём винтами 12; привинченной к кронштейнам платы 25; прикреплённых к ней винтами 24 двух подшипников 30; опирающейся на них планки качания 29 с треугольным вырезом в верхней части под планку вертикальной стабилизации 27; закреплённых на последней с помощью винтов с гайками двух реек 26 и держателя стержня маятника 16, состоящего из спаянных вместе под прямым углом пластины 22 и П-образной детали 20.

Изготавливая этот узел, следует помнить, что подшипники 30 должны находиться в одной плоскости, перпендикулярной задней стенке, а углубления в них под выступы планки качания 29 должны иметь одинаковую глубину — примерно 1 мм (их выбивают концом дюбеля, затупленным под полусферу диаметром 1...1,5 мм). Взаимодействующие с ними концы выступов планки качания 29 должны иметь форму полусфер диаметром 0,5...0,3 мм. При сборке узел подвески (без деталей 27 и 29) продевают снизу через прямоугольное отверстие в плате 25, после чего вставляют на место (между рейками 26) планку качания 29, затем планку 27 и, скрепив пакет из деталей 26, 27 винтами 21 с гайками 28, приступают к окончательной регулировке.

Оптронный датчик положения маятника состоит из смонтированных в корпусах 32 и 33 излучающего диода и фототранзистора и металлической шторки 19, приклёпанной заклёпками 36 к уголку 17. Корпусы 32 и 33 приклеены к уголкам 34, закреплённым на основании 35, которое, в свою очередь, привинчено к задней стенке корпуса часов 41 шурупами 5. Уголок 17 закреплён на стержне маятника 16 шурупами 18. Форма отверстий в основании 35 и уголке 17 допускает изменение их положения по отношению к деталям, на которых они установлены, что позволяет при регулировке быстро найти наиболее подходящее место крепления оптопары и шторки. При необходимости последнюю изгибают по радиусу окружности с центром в точке подвеса, как показано на рис. 3.

Груз, от места расположения которого на стержне маятника зависят положение его центра тяжести и период колебаний, состоит из латунных дисков 13 и 39, соединённых один с другим винтами 12 (для этого в отверстиях первого нарезана резьба, а второго сняты фаски под винты с головкой впотай). Бруски прямоугольной формы 43 создают необходимый для прохода между дисками направляющих 9 зазор, а имеющиеся в них вертикальные отверстия служат для прохода через груз шпильки 10, ввинченной с клеем в резьбовое отверстие бобышки 38, к которой винтами 14 прикреплены верхние (по рисунку) концы направляющих 9. Изменение положения груза при наладке достигается перемещением его по направляющим 9 свинчиванием/навинчиванием на нижний (по рисунку) конец шпильки 10 гайки 11. Нижние концы направляющих 9 закреплены винтами 14, ввинченными в резьбовые отверстия бобышки 40.

Помимо отверстий под винты 14, в бобышке 40 имеются два резьбовых отверстия под винты 44 крепления стального якоря электромагнита 8. Магнитное поле, возникающее при подаче в обмотки электромагнита короткого импульса тока, притягивает якорь 8 и таким образом поддерживает колебания маятника.

Магнитопровод электромагнита состоит из двух стальных кернов 7, закреплённых вместе со стальной пластиной 1 на полке уголка 2 винтами 12. В свою очередь, уголок винтами 14 прикреплён к основанию 3, а оно — шурупами 5 с шайбами 4 — к задней стенке 41 корпуса часов. Перемещение узла электромагнита по вертикали, необходимое для изменения зазора между якорем 8 и кернами 7, а следовательно, и силы их взаимодействия, обеспечивается формой отверстий под шурупы в основании 3.

Полный перечень деталей маятника с указанием материалов, из которых они изготовлены, и некоторых технологических рекомендаций приведён в подписи к рис. 3.

Несколько слов об оптронном датчике положения маятника для второго генератора. Устроен он так же, как и изображённый на рис. 3, но в нём две оптопары (**рис. 4**,а), расположенные в одной плоскости на расстоянии 8 мм одна от другой.

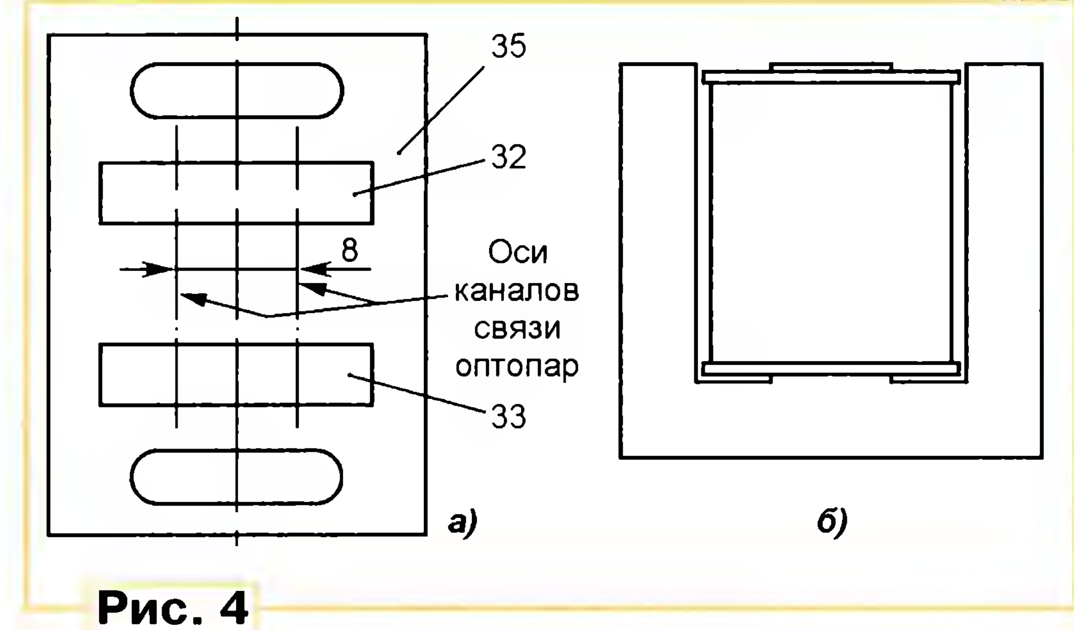


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Возможный вариант конструкции электромагнита на основе набранного из пластин Ш-образного магнитопровода трансформатора маломощного блока питания показан на рис. 4,б. Все его обмотки удаляют, а на их место наматывают обмотку электромагнита (до заполнения каркаса на среднем керне). Для намотки подойдёт провод диаметром 0,3...0,4 мм, применяемый в обмотках размагничивания старых компьютерных мониторов. На уголке 2 такой электромагнит закрепляют с помощью эпоксидного клея или клея "Момент". Почти идеальный вариант — дифференциальный трансформатор от дискового аппарата. В этом случае перемотка не требуется, надо лишь соединить обмотки последовательно (конец одной с началом другой).

Как и в ранее описанных конструкциях автора, в генераторах электромеханических часов применены полупроводниковые приборы из разобранных плат системных блоков компьютеров и электронных узлов принтеров (в частности, излучающие диоды и фотоприёмники для оптопар — из разобранных узлов ONI350 или IA34LC).

Настройка генераторов сводится к установкам оптронных датчиков в положения, в которых при приближении якорей к точкам равновесия маятников прекращается подача тока в электромагниты Y1. От величины зазоров между якорями 8 и кернами 7 зависят сила "подпитки" колебаний маятников и амплитуда их колебаний (30...40 мм — наилучший вариант). При необходимости для уменьшения тока через электромагниты последовательно с их обмотками включают добавочные резисторы. В генераторе по схеме на рис. 1 возможно уменьшение постоянной времени R4C1 уменьшением ёмкости конденсатора на 25...50 %.

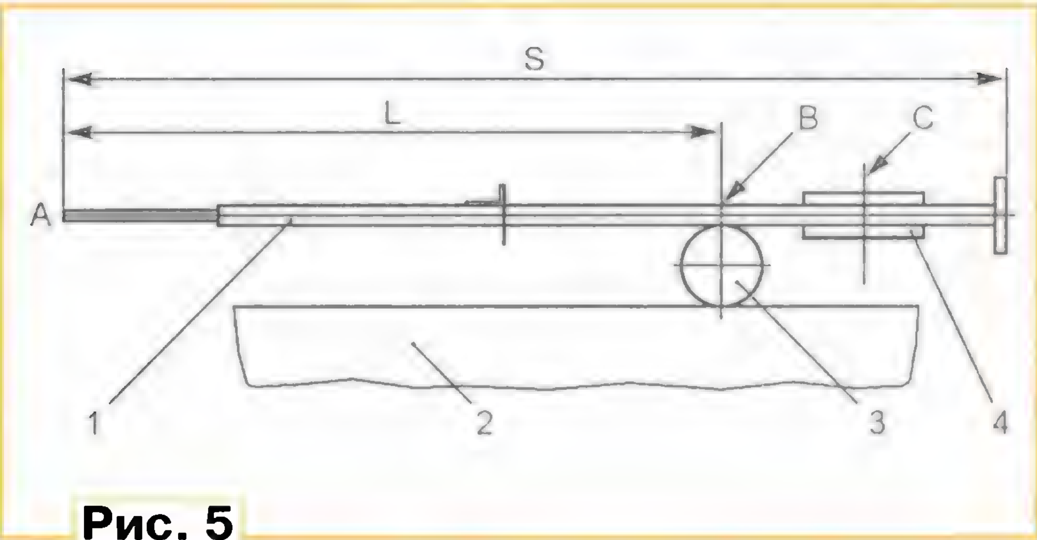


Рис. 5

Изготовив все детали и проведя контрольную сборку, определяют необходимую длину стержня 16. Для этого закрепляют подвес маятника на вертикальной плоскости и, отведя маятник на 30...40 мм от положения равновесия, отпускают его и подсчитывают число колебаний за одну минуту. В зависимости от результата решают, что нужно сделать со стержнем для получения нужного периода колебаний маятника: укорачивать или, наоборот, удлинять. Именно поэтому следует взять первоначальную длину стержня 16 примерно на четверть больше необходимой, а затем, установив груз в среднее регулировочное положение, постепенно укорачивать его, отрезая каждый раз по 20...30 мм. Окончательно точность хода должна регулироваться перемещением груза 4 гайкой 11.

Далее перемещают груз в середину регулировочного положения, помещают маятник 1 (**рис. 5**) на круглый каток 3, находящийся на ровной горизонтальной (выставленной по ватерпасу) поверхности 2, и, измерив расстояние L (в метрах) от точки подвеса A до точки равновесия B, рассчитывают период колебаний T (в секундах) маятника по формуле малых колебаний: $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, где $\pi = 3,14$, $g = 9,8$ м/с^2 — ускорение свободного падения. В авторском варианте общая длина маятника S оказалась равной 825 мм, расстояние L от точки подвеса A до точки равновесия B — 625 мм, а вычисленный по приведённой формуле период колебаний — 1,58 с. Проверка периода колебаний маятника по таймеру показала, что время, необходимое для совершения им 50 полных колебаний, равно 86 с, а значит, период равен 1,72 с. Учитывая, что реальный маятник уже далёк от математического маятника, погрешность в 8 % вполне приемлема.

Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье описана технология изготовления печатных плат с высоким разрешением из заготовок с заранее нанесённым фоторезистом. Показано, что при печати высококачественных фотошаблонов на лазерном принтере, использовании новых светочувствительных материалов и современных источников ультрафиолетового излучения может быть достигнута существенная экономия времени и средств. Освоение предлагаемой технологии радиолюбителями поможет им применять в своих разработках современную элементную базу, значительно снизив затраты на печатные платы благодаря оперативности и существенному удешевлению их изготовления.

Размеры радиодеталей, предназначенных для поверхностного монтажа (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, транзисторов, диодов, микросхем), имеют тенденцию к постоянному уменьшению. Например, если до последнего времени на печатные платы традиционно устанавливали резисторы и конденсаторы типоразмера не менее 0603 (1,6×0,8 мм), то сейчас их выпускают уже типоразмеров 0402 (1,0×0,5 мм), 0201 (0,6×0,3 мм) и даже 01005 (0,4×0,2 мм). Шаг выводов современных микросхем доходит до 0,4 мм, а длина контактной площадки для вывода — до 0,25 мм.

Промышленное изготовление печатных плат, рассчитанных на установку подобных деталей, сегодня не представляет никакой проблемы. Но что делать тем, кому требуется использовать современные компоненты в макетах и единичных образцах электронных устройств? Один из вариантов — обращаться на предприятия, способные профессионально изготовить для них платы. Но путь этот долог и недёшев. Остаётся изготавливать платы своими силами. Этот путь, на взгляд автора, не требует больших затрат времени и недорог, однако необходимо соблюдать повышенные требования к качеству разводки печатных проводников, точности изготовления фотошаблона и самой платы.

Проблем с разводкой печатных проводников сегодня нет. Для этого существует много компьютерных программ, обеспечивающих необходимую точность. Автор, например, с успехом пользуется программой Sprint Layout версии 6.0. Однако с изготовлением фотошаблона и самой платы дело обстоит не так просто.

Некоторое время назад автор делал фотошаблоны печатных плат методом фоторепродуцирования [1]. Этот метод действительно обеспечивает нужное разрешение и точность, однако требует слишком больших затрат времени, материалов и труда, поскольку довольно сложен.

Второй метод — печатать фотошаблоны на принтере. Современные струйные принтеры позволяют достичь не-

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2017

обходимого разрешения, однако они весьма ненадёжны, а сменные картриджи для них слишком дороги. Этим методом автор пользовался до тех пор, пока его струйный принтер не вышел из строя. А стоимость ремонта такого принтера оказалась близкой к цене нового. Поэтому от струйного принтера пришлось отказаться и перейти на лазерный, который очень надёжен и способен длительное время работать безотказно. У автора, например, до сих пор в рабочем состоянии находится лазерный принтер HP LaserJet 6L, которому уже более 20 лет. Однако бытовые лазерные принтеры, даже самые современные, при печати на предназначенной для них прозрачной плёнке не обеспечивают получения фотошаблона необходимого качества.

Дело в том, что поверхность прозрачной плёнки для лазерных принтеров очень гладкая. А принтеры предназначены в основном для печати на бумаге, имеющей волокнистую структуру, которая обеспечивает хорошее позиционирование листа бумаги при относительно невысоком усилии его прижатия к протягивающему валу. Но слишком гладкая плёнка при слабом прижатии иногда проскальзывает, поэтому рисунок получается искажённым, а фотошаблон непригодным для изготовления платы. Кроме того, к гладкой поверхности плёнки плохо прилипает тонер, недостаточно разогретый "печкой" стандартного лазерного принтера. При отслаивании тонера использовать фотошаблон тоже невозможно. Те принтеры, в которых описанные проблемы решены, слишком дороги.

Напечатанный на лазерном принтере фотошаблон зачастую нельзя использовать и в связи с недостаточной оптической плотностью слоя тонера. Через мельчайшие отверстия в нём на фоторезист, которым покрыта заготовка платы, во время экспонирования попадает свет, от чего печатные проводники, а особенно сплошные участки меди, оказываются "изъедены" точечными дефектами.

В продаже можно встретить заготовки для печатных плат, представляющие собой пластины из листового изоляционного материала, покрытые медной фольгой, поверх которой нанесён светочувствительный слой фоторезиста, реагирующий на ультрафиолетовое излучение так называемого диапазона UV-A с длиной волны 315...400 нм. Этот слой защищён от нежелательной засветки и механических повреждений непрозрачной липкой плёнкой.

До последнего времени подобные заготовки выпускала лишь немецкая фирма Bungard. Они изготовлены из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм при толщине слоя меди 0,035 мм. Продают их под названием "плата с фоторезистом односторонняя". В статье [1] речь идёт именно о них. Однако сегодня их цена существенно выросла. Кроме того, они стали редко появляться в продаже.

Очень важен выбор источника ультрафиолетового излучения для экспонирования фоторезиста заготовки платы через фотошаблон. На взгляд автора, до последнего времени единственным надёжным источником такого излучения оставалась лампа Ultra Vitalux мощностью 300 Вт с цоколем E27, как у обычной лампы накаливания. Она представляет собой ртутную лампу высокого давления, помещённую в ещё одну вакуумированную прозрачную колбу вместе с вольфрамовой спиралью. Спираль служит балластом для ртутной лампы и рассеивает значительную мощность. Такой лампой пользовался и автор, однако она имеет множество недостатков.

Во-первых, она очень дорогая (несколько тысяч рублей).

Во-вторых, потребляя значительную мощность, лампа сильно нагревается, что требует использовать для неё специальный фарфоровый патрон, выдерживающий высокую температуру, и специальные термостойкие провода. Автор помещал её в металлический кожух фотоувеличителя [1].

В-третьих, ртутная лампа — практически точечный источник ультрафиолетового излучения (диаметр светящейся зоны всего 5 мм). Поэтому для получения светового пятна диаметром около 10 см, нужного для освещения фотошаблона средних размеров, приходится удалять от него лампу на расстояние не менее 40 см. Но даже в этом случае освещённость пятна не совсем равномерна. Она максимальна в его центре и спадает ближе к краям. Лампе необходим предварительный разогрев в течение 3...5 мин.


Рис. 1

В-четвёртых, срок службы такой лампы всего 1000 часов. Вольфрамовая спираль в ней часто перегорает в момент включения, так как её сопротивление в холодном состоянии значительно меньше, чем в горячем.

Далее автор попытается рассказать, как устранить описанные проблемы — изготовить высококачественный фотошаблон с высоким разрешением с помощью обычного лазерного принтера, применить современный недорогой светочувствительный фольгированный материал в качестве заготовки для печатной платы, использовать недорогой и высокоэффективный источник ультрафиолетового излучения вместо ртутной лампы.

Изготовление фотошаблона для печатной платы

Когда вышел из строя струйный принтер, у автора осталась прозрачная плёнка для него нескольких типов. В том числе универсальная прозрачная плёнка LOMOND PE Universal Film 0710421, пригодная как для струйных, так и для лазерных принтеров. Одна её сторона, шершавая на ощупь как мелкая наждачная бумага, покрыта желатином и предназначена для печати струйным принтером. Вторая сторона — для печати лазерным принтером. Она более гладкая, чем первая, но менее гладкая, чем поверхность плёнки, предназначенной исключительно для печати лазерным принтером. По тактильному ощущению её гладкость сопоставима с гладкостью кальки.

Автор попробовал напечатать лазерным принтером фотошаблон на стороне этой плёнки, предназначенной для такого принтера, и был приятно удивлён высоким качеством изображения. После настройки принтера на работу с "высококачественной бумагой" и "максимальной плотностью тонера" (эти режимы имеются, как правило, во всех лазерных принтерах) повторно напечатанное изображение стало и более контрастным. Кроме того, благодаря "шершавости" стороны плёнки, предназначенной для печати струйным принтером, в лазерном принтере она не проскальзывает.

Оставалось только увеличить плотность слоя тонера, поскольку на просвет изображение не было абсолютно чёрным. Для этого напечатанный фотошаблон достаточно на некоторое время поместить в атмосферу паров растворителя лаков и красок, как рекомендовано в [1].

Для выполнения этой процедуры были приобретены контейнер из полипропилена, предназначенный для разогрева продуктов в СВЧ-печи и имеющий герметично закрывающуюся крышку с защёлками и резиновой прокладкой, полипропиленовая мыльница соответствующего размера и полиэтиленовая решётка для кухонной раковины (полипропилен и полиэтилен стойки к воздействию используемого растворителя). От решётки был отрезан фрагмент, помещающийся в контейнер.

На дне контейнера была установлена мыльница с 20...30 мл растворителя (**рис. 1**). На мыльницу была уложена решётка, а на неё — фотошаблон рисунком вверх. После этого крышка контейнера была герметично закрыта и зафиксирована защёлками, в пазы которых вошли выступы на корпусе контейнера.

Спустя два часа контейнер был открыт и фотошаблон аккуратно извлечён из него пинцетом, чтобы не повредить размягчённый тонер. После 10...15 мин просушки, необходимой для испарения растворителя, фотошаблон пригоден для изготовления платы.

Раньше автор применял в качестве растворителя дихлорэтан. Это вещество легко было приобрести в любом магазине радиодеталей, обычно под названием "клей для органического стекла". Однако существенно лучшей растворяющей способностью обладает дихлорметан — бесцветная жидкость со слабым запахом ацетона. Температура её кипения — 40,1 °С против 83,47 °С у дихлорэтана, в связи с чем дихлорметан иногда вводят в состав хладагентов.

Но главное достоинство дихлорметана — в отличие от токсичного дихлорэтана он относится к малоопасным химическим соединениям. В связи с этим его применяют в смесях для снятия лака, в пищевой промышленности — для приготовления быстрорастворимого кофе и других пищевых продуктов, и даже в процессе производства духов. Кроме того, дихлорметан существенно дешевле дихлорэтана. Высокая растворяющая способность и летучесть дихлорметана позволяют существенно увеличить оптическую плотность слоя тонера по сравнению с дихлорэтаном.

Новые материалы со светочувствительным слоем

Кроме сравнительно дорогих стеклотекстолитовых заготовок плат со светочувствительным слоем, выпускаемых компанией Bungard, в последнее время в продаже появились заготовки из другого материала — бакелита, покрытого медной фольгой толщиной 0,035 мм с нанесённым не неё светочувствительным слоем (фоторезистом), защищённым светонепроницаемой липкой плёнкой светло-серого цвета. Его выпускает компания Kinsten (**рис. 2**).

В отличие от стеклотекстолита, представляющего собой стеклоткань, пропитанную эпоксидной смолой, бакелитовая плата целиком состоит из затвердевшей фенольной смолы. Этим она схожа с гетинаксовой, представляющей собой бумажную основу, пропитанную фенольной смолой.

Бакелит хрупок, поэтому резать его ножницами по металлу, как стеклотекстолит, нельзя. Однако он прекрасно пилится обыкновенным ручным лобзиком с пилкой по дереву. При этом пилка не тупится, как от стеклотекстолита. Кроме того, бакелит можно сверлить обыкновенными стальными свёрлами, не опасаясь их затупить.



Рис. 2



Рис. 3

Бакелитовая заготовка платы компании Kinsten приблизительно в два раза дешевле, чем равная ей по размеру стеклотекстолитовая компании Bungard. Светочувствительность фоторезиста на них одинакова, но при проявлении рисунок печатных проводников на плате компании Kinsten получается более контрастным (он тёмно-зелёного цвета).

В левом нижнем углу упаковки заготовки платы компании Kinsten на рис. 2 видна маркировка PS1015, где P — материал (phenolic), S — плата покрыта медной фольгой с одной стороны, 1015 — её размеры (10×15 см). Компания Kinsten выпускает и стеклотекстолитовые заготовки плат. В этом случае букву P в маркировке заменяет буква G (glass — стекло). Например, GS1015. Однако стоят они дороже стеклотекстолитовых компании Bungard.

Подготовка платы и фотошаблона к экспонированию

Чтобы плотно прижать фотошаблон к светочувствительной поверхности заготовки, автор пользуется рамкой, исходно предназначенной для контактной печати фотоснимков с фотопластинок и плоских фотоплёнок размерами 9×12 см (**рис. 3**). На стекло рамки фотошаблон укладывают рисунком вверх, на него кладут заготовку платы светочувствительным слоем, с которого предварительно снята защитная плёнка, к фотошаблону. На заготовку накладывают прижимную пластину из стеклотекстолита толщиной 4 мм, после чего весь пакет фиксируют в рамке двумя пружинами с защёлками. Благодаря этому светочувствительный слой фоторезиста оказывается плотно прижатым к напечатанному на фотошаблоне рисунку.

Описанная процедура проста и легко выполнима. Единственный совет — для полного прилегания фотошаблона к фоторезисту необходимо ещё до снятия защитной плёнки мелким напильником или надфилем удалить заусенцы на краях заготовки платы, образовавшиеся после её распила. Все опилки следует тщательно удалить кисточкой с жёстким ворсом (лучше всего из щетины).

Источник ультрафиолетового излучения и экспонирование

Как было сказано выше, до последнего времени единственным надёжным источником ультрафиолетового излучения для экспонирования фоторезиста была лампа Ultra Vitalux мощностью 300 Вт. Однако сегодня вместо обычных ламп накаливания для освещения помещений, ламп в фарах автомобилей и даже поездов метро применяют высокоэффективные светодиоды видимого спектра излучения. Автор задался вопросом: а не выпускают ли высокоэффективные светодиоды ультрафиолетового диапазона? Как оказалось, выпускают. Мало того, можно приобрести готовую светодиодную ультрафиолетовую лампу мощностью 3 Вт со стандартным цоколем E27, которая в 25 раз дешевле лампы Ultra Vitalux.

Но будет ли такой источник ультрафиолетового излучения достаточным для экспонирования заготовки? Какая экспозиция потребуется? Чтобы прове-

рить это, была приобретена лампа диаметром 63 мм, содержащая 50 ультрафиолетовых светодиодов (Ultra Bright E27 UV Lamp Ultraviolet Color Purple Light 50LED Lamp Bulb 220V, Model Number LDHH1599-b). По сравнению с лампой Ultra Vitalux она выглядит просто крошечной (**рис. 4**). Несколько дороже стоит ультрафиолетовая лампа диаметром 92 мм и мощностью 6 Вт, содержащая 100 светодиодов (Ultra Bright 6W E27 UV Lamp, Model Number LDHH1621B).

Рис. 4

Но какова, хотя бы приблизительно, оптимальная продолжительность экспонирования фоторезиста такой лампой? Автор провёл эксперимент, экспонируя заготовку трёхваттной светодиодной лампой с расстояния 10 см в течение четырёх минут. Через каждую минуту светонепроницаемая пластина, установленная перед заготовкой, сдвигалась на шаг. Было обнаружено, что одноминутной экспозиции вполне достаточно, а двухминутной слишком много. Откуда же в такой маленькой светодиодной лампе взялся такой мощный поток ультрафиолетового излучения?

Рис. 5

Для ответа на этот вопрос были проанализированы спектры излучения лампы Ultra Vitalux (взят из прилагаемого к ней описания и показан на **рис. 5**) и ультрафиолетового светодиода. Анализ позволил сделать следующие выводы.

1. Лампа Ultra Vitalux имеет широкий спектр излучения, но в эффективном облучении фоторезиста принимают участие лишь немногочисленные спектральные линии, лежащие в диапазоне UV-A. Вся остальная энергия расходуется бесполезно.

2. Спектр излучения ультрафиолетового светодиода со средней длиной волны 365 или 380 нм практически полностью сосредоточен в диапазоне UV-A. Поэтому на фоторезист воздействует вся энергия излучения такого светодиода.

В связи с этим было решено поднять светодиодную лампу на высоту 30 см над поверхностью заготовки платы (**рис. 6**), чтобы уменьшить интенсивность её облучения, и провести ещё один эксперимент. Цифрами на полученной в его результате плате, показанной на **рис. 7**, обозначена продолжительность экспозиции её участков в секундах. Ширина линий сетки — 0,1 мм, а линий окантовки — 0,25 мм.



Рис. 6

Этот эксперимент показал, что оптимальная продолжительность экспозиции лежит в интервале от 40 до 60 с. Причём было обнаружено, что изображения на участках платы, экспонированных в течение 80 и 60 с, появились через соответственно 1,5 и 2 мин после начала проявления. Однако на участке платы, экспонированном в течение 40 с, изображение появилось лишь спустя 5 мин. Это говорит о том, что меньше 40 с экспонировать фоторезист не следует.

Из теории фотографии хорошо известно: чтобы получить более контрастный снимок (что и требуется при изготовлении фотошаблона), его необходимо "недодержать" и "перепроявить". Иными словами, максимально укоротить экспозицию и увеличить длительность проявления. Чрезмерно увеличивать экспозицию нежелательно, поскольку это приводит к появлению точечных дефектов на относительно больших по площади участках меди. Это отчётливо видно на **рис. 8** — фотоснимке участка платы, полученной в предыдущем эксперименте, при его облучении в течение 4 мин.

Рис. 7

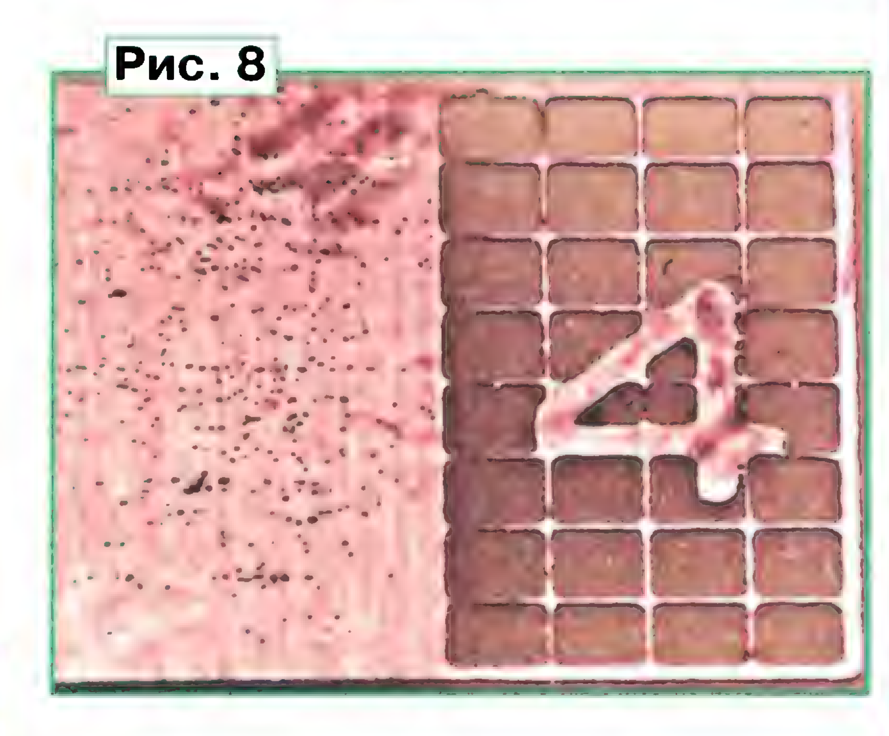


Рис. 8

Итак, оптимальное расстояние от светодиодной ультрафиолетовой лампы мощностью 3 Вт до облучаемой поверхности заготовки платы — около 30 см, при этом продолжительность экспозиции должна быть не более минуты (столько же, сколько требуется при освещении лампой Ultra Vitalux). Для увеличения оптической плотности слоя тонера рекомендую использовать дихлорметан.

Необходимо добавить, что светодиодная лампа диаметром 60 мм, состоящая из 50 светодиодов одинаковой яркости, позволила получить световое пятно диаметром около 120 мм, освещённое практически равномерно, в отличие от светового пятна, создаваемого лампой Ultra Vitalux. Для определения оптимального места расположения рамки с заготовкой платы в световом пятне рекомендуется подложить под рамку лист белой бумаги.

Проявление фоторезиста

Для проявления изображения печатных проводников на фоторезисте автор рекомендует жидкость для прочистки труб "Крот" (её продают и под другими названиями, например, "Укротитель засоров" или "КР07"). Такую жидкость легко приобрести в хозяйственном магазине. Основа состава этого препарата — каустическая сода (химическая формула NaOH).

Чтобы получить раствор нужной концентрации, отвинтите от бутылки с жидкостью для прочистки труб пластиковую крышку и наполните её препаратом доверху (**рис. 9**). Затем вылейте препарат из крышки в пластиковую бутылку ёмкостью 330 мл и долейте воды до её полного заполнения.

Длительность проявления — 3...5 мин при температуре раствора +25 °C. За это время по поверхности платы необходимо несколько раз пройти кистью средней мягкости (лучше всего из козьей шерсти), чтобы смыть ненужную эмульсию. По окончании проявления тщательно промойте заготовку большим количеством холодной воды, используя ту же кисть.

Всю процедуру проявления и промывки необходимо проводить при слабом рассеянном освещении (например, лампой накаливания мощностью не более 40 Вт, расположенной не ближе 1,5 м от заготовки). Если это делать при ярком свете (особенно солнечном), то фоторезист может быть необратимо засвечен, весь рисунок с него пропадёт.

Рис. 9



Сушить заготовку не требуется, её можно сразу же поместить в раствор хлорного железа. При этом раствор должен быть не очень насыщенным — таким, при котором процесс травления продолжается не менее часа. Это позволит, наблюдая за его ходом, прекратить травление в нужный момент, не допуская сквозного подтравливания печатных проводников, как на рис. 8. Остатки затвердевшего фоторезиста легко снять с платы тампоном, смоченным в ацетоне.

Технология всех дальнейших работ с платой (лужения печатных проводников, сверления отверстий, пайки компонентов для поверхностного монтажа) подробно описана в [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кузьминов А.** Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. — Технологии в электронной промышленности, 2010, № 5, с. 17—23; № 6, с. 10—15; № 7, с. 8—15.

2. **Кузьминов А.** Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. — Технологии в электронной промышленности, 2010, № 8, с. 18—25; 2011, № 1, с. 9—13; № 2, с. 18—25.

Лабораторный генератор сигналов на DDS под управлением Arduino

С. АЛТУХОВ, г. Вольск Саратовской обл.

Прототипом этого генератора стала найденная автором в Интернете конструкция [1]. Она дополнена аттенюатором, которым управляет микроконтроллер, буферный усилитель собран на микросхеме другого типа, внесены изменения в программу микроконтроллера модуля Arduino Nano.

Микросхемы прямого цифрового синтеза частоты (DDS) обычно применяют в задающих генераторах и перестраиваемых гетеродинах радиостанций [2, 3], лабораторных генераторах сигналов [4, 5]. Микроконтроллерное управление ими легко позволяет реализовать генератор качающейся частоты [6]. В последнее время сложилась ситуация, когда приобретение отдельно микросхемы DDS и микроконтроллера дороже, чем готовых содержащих их модулей. В предлагаемом лабораторном генераторе синусоидальных сигналов применены модуль синтезатора частоты HC-SR08 на микросхеме DDS AD9851 и микроконтроллерный модуль Arduino Nano.

Генератор имеет три режима работы:

1 — генерация синусоидального сигнала частотой от 1 Гц до 70 МГц, устанавливаемой с минимальным шагом 1 Гц;

2 — генерация сигнала качающейся частоты. Качание происходит от установленного на ЖКИ значения в сторону повышения частоты. Полосу и шаг качания можно устанавливать произвольно во всём диапазоне генерируемых частот, но шаг должен быть меньше полосы. Число шагов в одном цикле качания равно ширине полосы качания, делённой на длину шага, плюс единица. Период повторения циклов равен этому числу, умноженному на 660 мкс. В начале каждого цикла качания для синхронизации развёртки осциллографа генерируется импульс низкого логического уровня длительностью 11 мкс;

3 — генерация сигнала, частота которого отличается от заданной на одно из следующих фиксированных значений: 450 кГц, 455 кГц, 460 кГц, 465 кГц, 1,6 МГц, 1,8 МГц, 5,5 МГц, 10,7 МГц и 21,4 МГц. Выходная частота равна сумме установленного на индикаторе значения и выбранного смещения.

Аттенюатор ослабляет выходной сигнал на 0—110 дБ ступенями по 10 дБ. Экспериментально снятые графики зависимости амплитуды выходного напряжения от частоты при различном ослаблении аттенюатора показаны на **рис. 1**. Генератор, внутреннее сопротивление которого 50 Ом, был нагружен только входным сопротивлением осциллографа (около 1 МОм).

Принципиальная схема генератора изображена на **рис. 2**. Он состоит из готовых модулей Arduino Nano (A1), HC-SR08 (A2) на базе микросхемы DDS

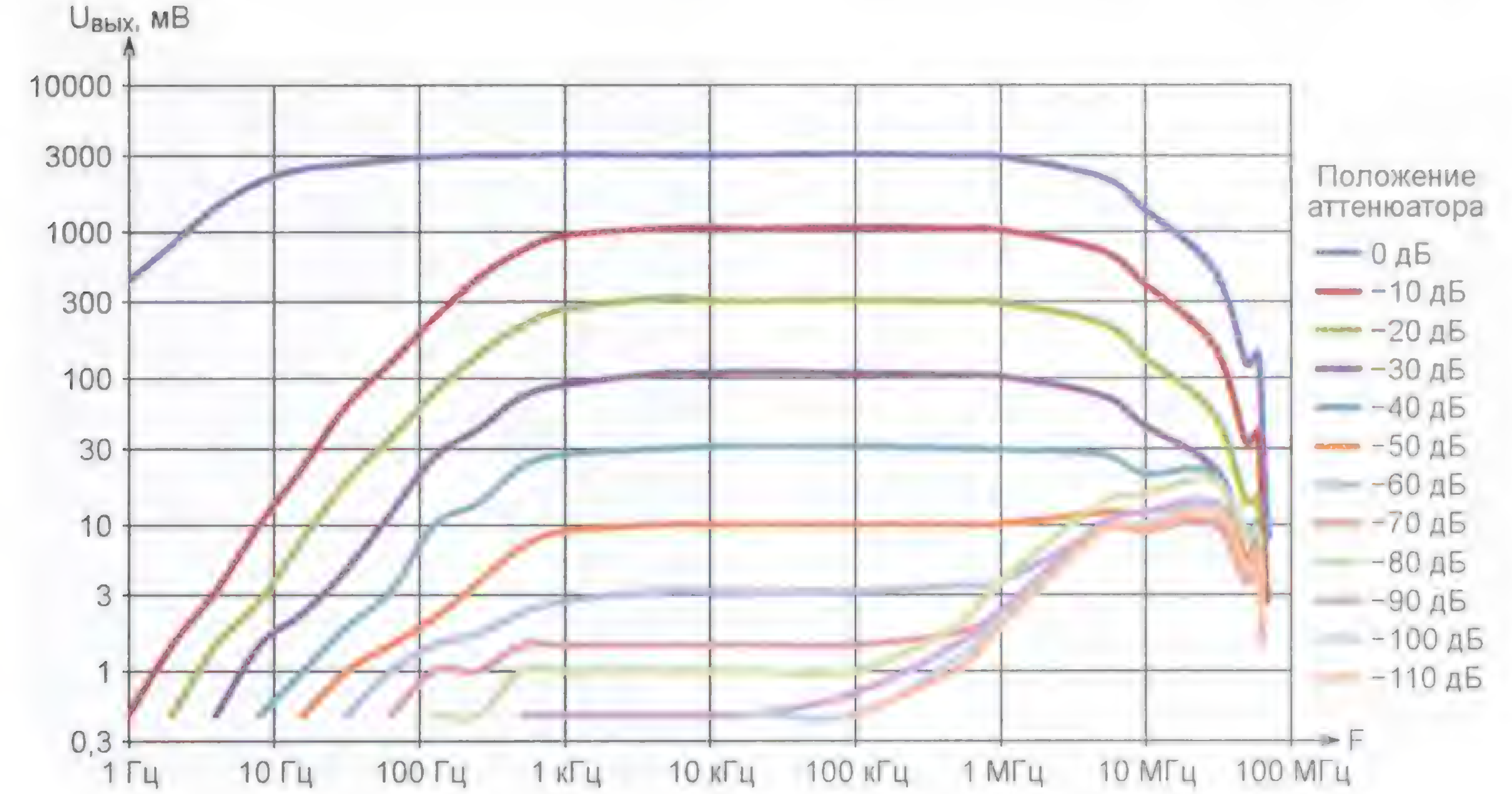


Рис. 1

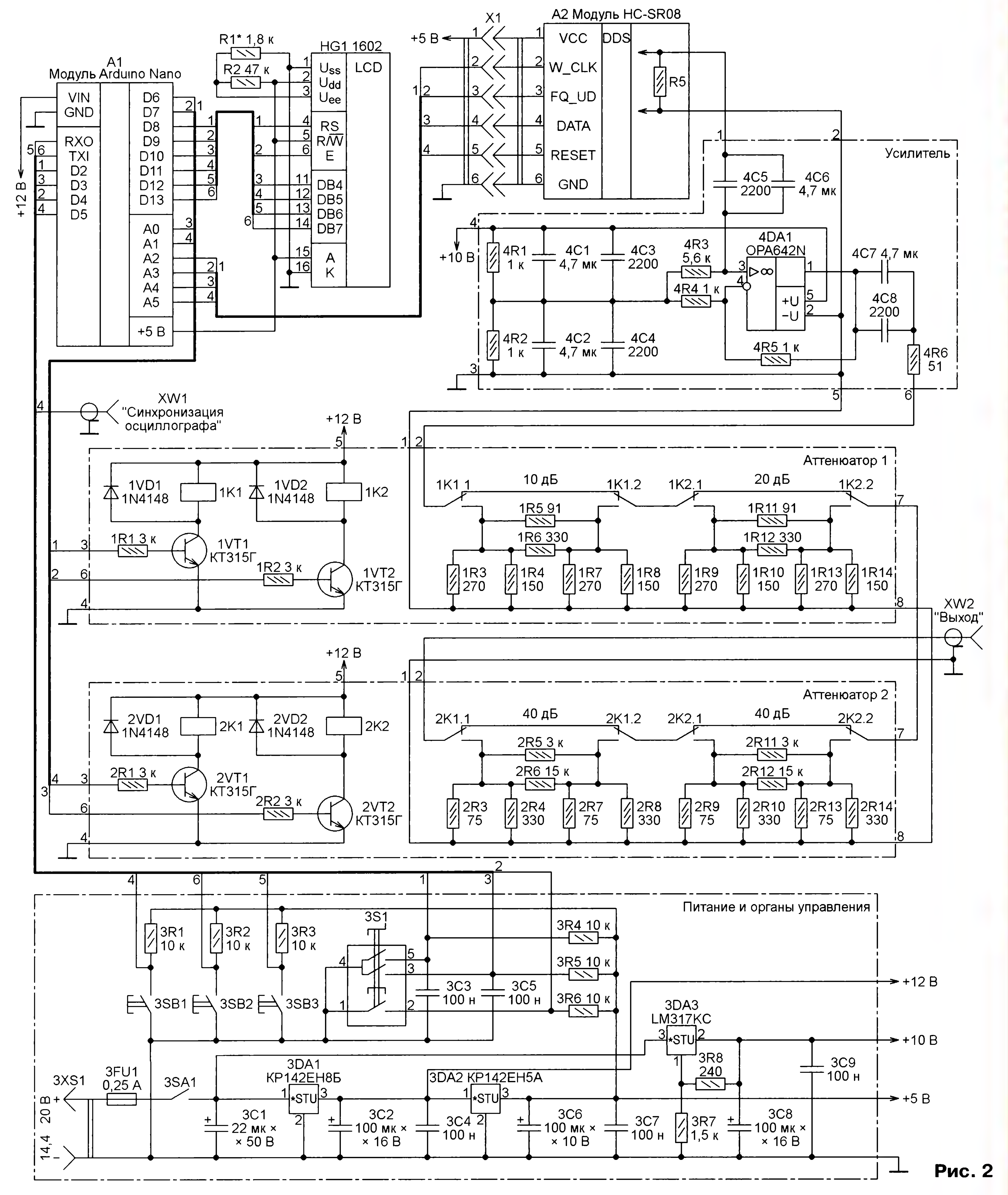


Рис. 2

AD9851 и самодельных плат питания и органов управления, аттенюатора (2 шт.), буферного усилителя. Позиционные обозначения элементов, находящихся на самодельных платах, снабжены цифровыми префиксами, равными условному номеру платы. Информация о работе генератора выводится на ЖКИ HG1.

Внешнее напряжение питания генератора (14,5...20 В) подают на разъём 3XS1 от внешнего источника. Потребляемый от него ток не превышает 150 мА. Выключатель питания 3SA1 расположен на передней панели корпуса генератора. На плате питания и органов управления установлены три интегральных стабилизатора: на 12 В (3DA1), на 10 В (3DA3) и на 5 В (3DA2). Напряжение 10 В на выходе стабилизатора 3DA3 точно устанавливают подборкой резисторов 3R7 и 3R8. Конденсаторы 3C1—3C9 и 4C1—4C4 фильтруют питающие напряжения.

Модуль A1 питается напряжением 12 В от стабилизатора 3DA1, при этом действует установленный в модуле стабилизатор напряжения 5 В, которое использовано для питания ЖКИ HG1. Напряжением 12 В питают реле, установленные на платах аттенюаторов. Модуль A2 получает питание от стаби-

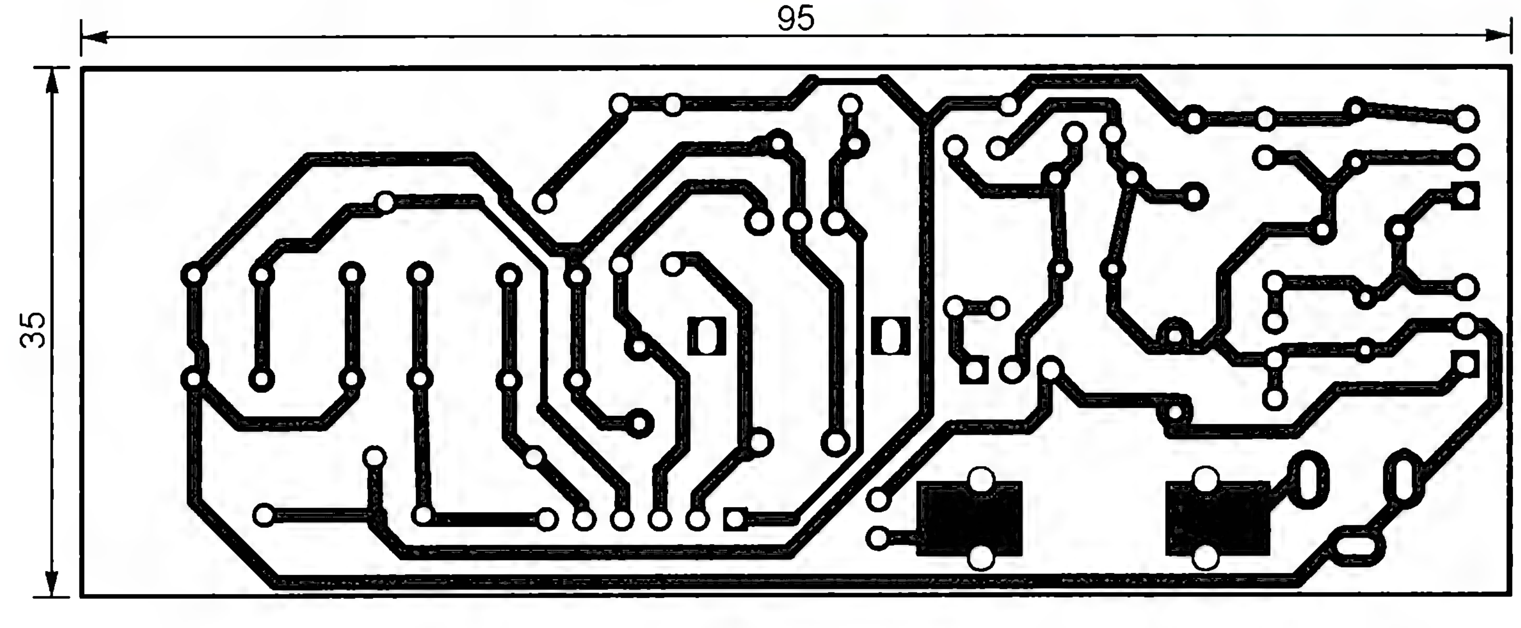
лизатора 3DA2, что позволило избавиться от помех, создаваемых микроконтроллером модуля A1. ОУ 4DA1 в буферном усилителе питается напряжением 10 В от стабилизатора 3DA3.

Всеми узлами генератора управляет по загруженной в него программе микроконтроллер ATmega168P или ATmega328P, установленный в модуле Arduino Nano. Применён модуль с индексом R3, в котором преобразователь интерфейса USB-COM выполнен на микросхеме CH340G.

ЖКИ HG1 имеет две строки по 16 символов и встроенный контроллер, совместимый с HD44780. Плата ЖКИ была подвергнута доработке. Имевшийся на ней резистор R8 (**рис. 3**) сопротивлением 100 Ом, ограничивающий ток подсветки экрана, был заменён резистором



Рис. 3



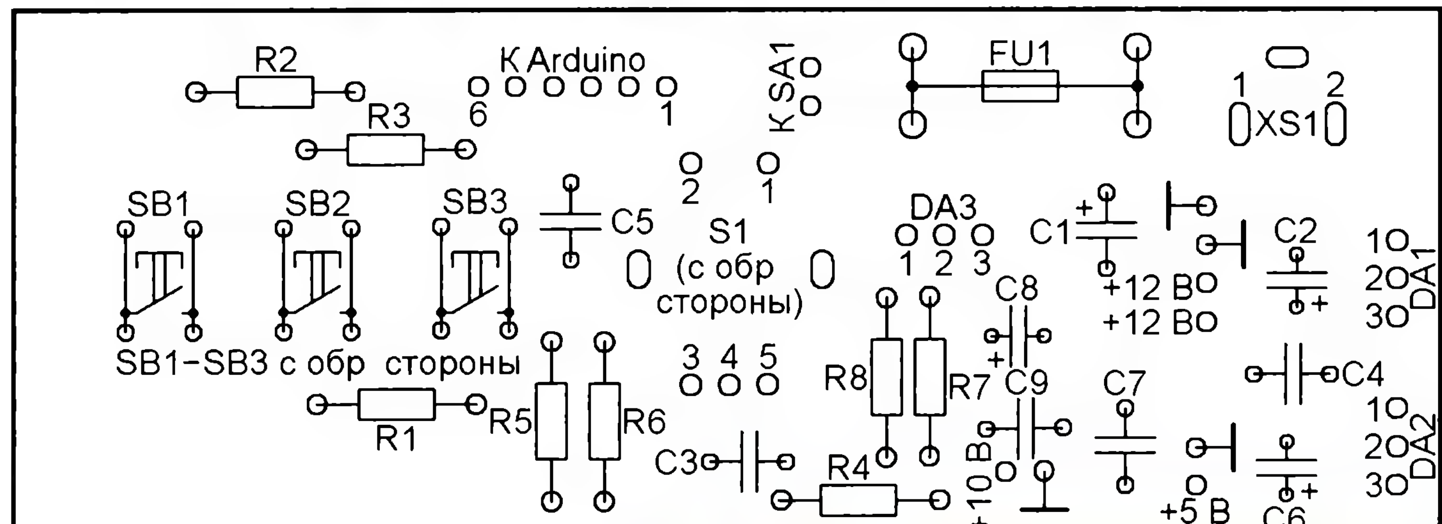


Рис. 4

сопротивлением 220 Ом. Это понизило ток, потребляемый подсветкой, с более чем 20 мА до 10 мА. При этом яркость подсветки практически не уменьшилась. На этой же плате были смонтированы после подборки резисторы R1 и R2, задающие контрастность изображения на экране индикатора.

Вращением ручки энкодера 3S1 увеличивают или уменьшают генерируемую частоту шагами, длину которых можно изменять нажатиями на эту ручку. Нажатиями на кнопку 3SB1 изменяют коэффициент ослабления аттенюатора, а с помощью кнопки 3SB2 сменяют режимы работы генератора. В режиме 1 нажатием на кнопку 3SB3 устанавливают шаг перестройки равным 1 кГц. Нажатиями на эту же кнопку в режиме 2 циклически выбирают частоту начала сканирования, ширину полосы качания и длину шага перестройки частоты. В режиме 3 этой кнопкой задают смещение генерируемой частоты относительно показанной на индикаторе. Все входы модуля A1, к которым подключены контакты кнопок и энкодера, соединены с цепью питания +5 В через резисторы 3R1—3R6 для поддержания на них высокого логического уровня при разомкнутых контактах.

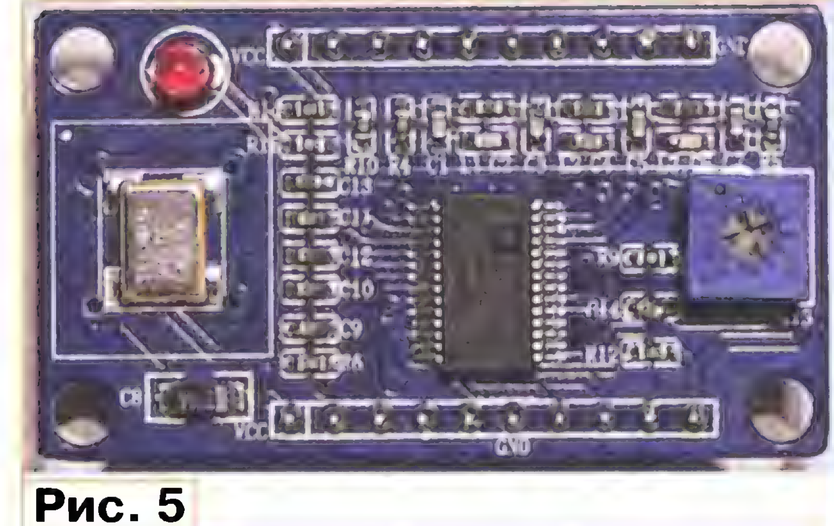


Рис. 5

Детали стабилизаторов напряжения питания и органов управления размещены на односторонней печатной плате, представленной на **рис. 4**. Кнопки и энкодер устанавливают на ней со стороны печатных проводников. Энкодер крепят гайкой к корпусу генератора. К нему же без изоляционных прокладок прижимают теплоотводящие фланцы стабилизаторов 3DA1 и 3DA2. Стабилизатор 3DA3 работает без дополнительного теплоотвода. Конденсаторы 3C3 и 3C5 монтируют на плату лишь при необходимости устранить сбои в работе энкодера.

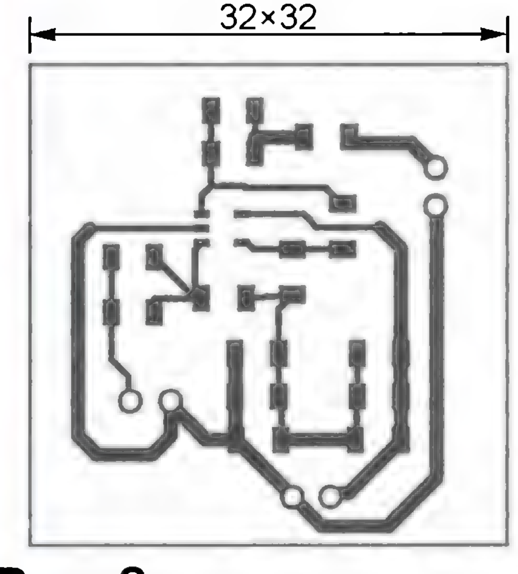
Внешний вид модуля HC-SR08 показан на **рис. 5**. Генерируемый им сигнал снимают с имеющегося в модуле нагрузочного резистора LC-фильтра нижних частот. Провода, идущие от модуля к буферному усилителю, припаяны непосредственно к этому резистору (R5). На рис. 5 он находится у правого среза платы вверху.

Чтобы уменьшить искажения сигнала, рекомендуется отключить встроенный в микросхему AD9851 компаратор, формирующий прямоугольный выходной сигнал. Для этого необходимо перевести движок установленного на плате модуля подстроечного резистора R13 в одно из крайних положений.

С модуля DDS сигнал поступает на буферный усилитель с коэффициентом усиления 2, собранный на ОУ 4DA1 (OPA642N), через конденсаторы 4C5 и 4C6, не пропускающие его постоянную составляющую. С помощью резисторов 4R1, 4R2 и блокировочных конденсаторов 4C1—4C4 создана искусственная средняя точка питания ОУ. Для устранения постоянной составляющей выходной сигнал ОУ поступает на аттенюатор через конденсаторы 4C7 и 4C8. Резистором 4R6 задано выходное сопротивление генератора.

Буферный усилитель собран на односторонней печатной плате, изображённой на **рис. 6**. Она рассчитана на установку компонентов для поверхностного монтажа. Резисторы и конденсаторы — типоразмера 1206, допускается установка резисторов типоразмера 0805.

Усиленный сигнал поступает через аттенюаторы на выходной разъём XW2 (CP50-73). Для управления коэффициентом ослабления в аттенюаторах использованы реле HLS-4098-DC12V с сопротивлением обмотки 720 Ом. Транзисторы 1VT1, 1VT2, 2VT1, 2VT2 управляют этими реле по командам модуля A1. Обмотки реле для подавления выбросов напряжения самоиндукции за-



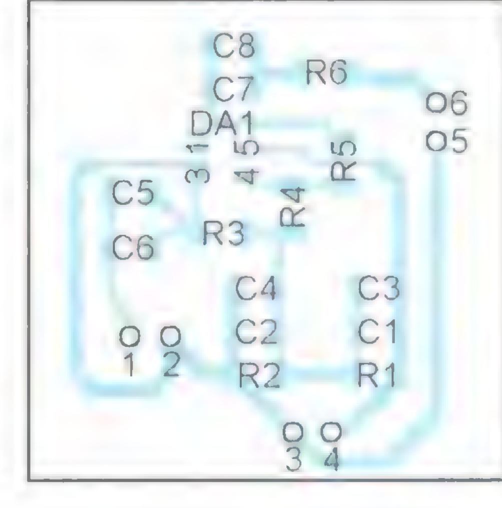
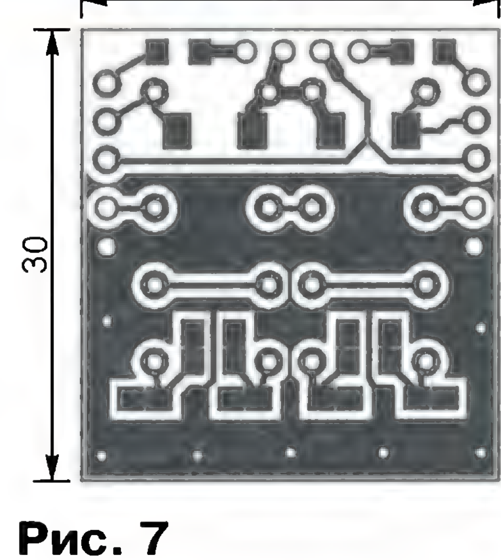
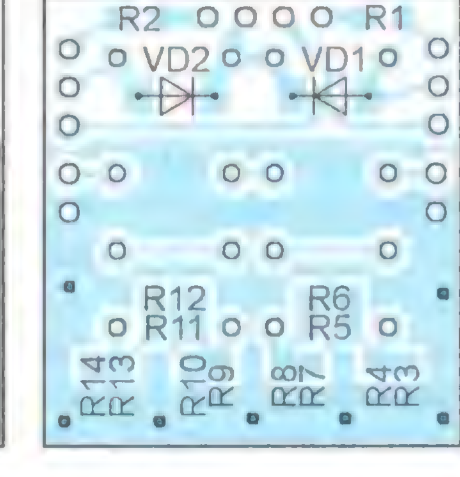


Рис. 6





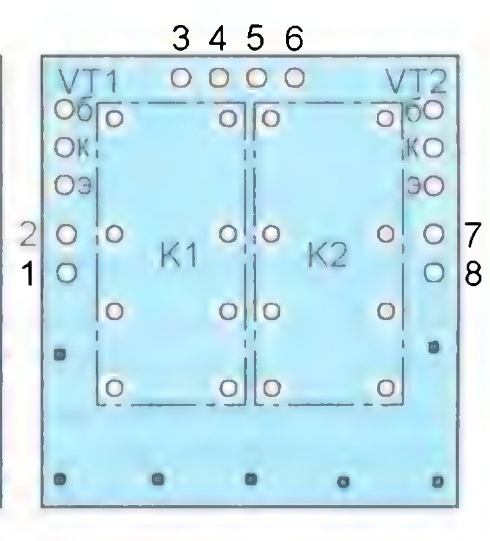


Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Рис. 8

Ослабление, дБ	Расчётное сопротивление, Ом	Комбинации резисторов, Ом	Отклонение от расчётного, %
10	96,25	150 и 270 160 и 240	0,19 –0,26
	71,15	91 и 330 110 и 200	0,25 –0,26
20	61,11	75 и 330 82 и 240	0,00 0,01
	247,50	270 и 3000 390 и 680	0,08 0,14
40	51,01	56 и 390 подбор из 51	–4,00
	2499,75	3000 и 15000 3600 и 8200	0,01 0,08

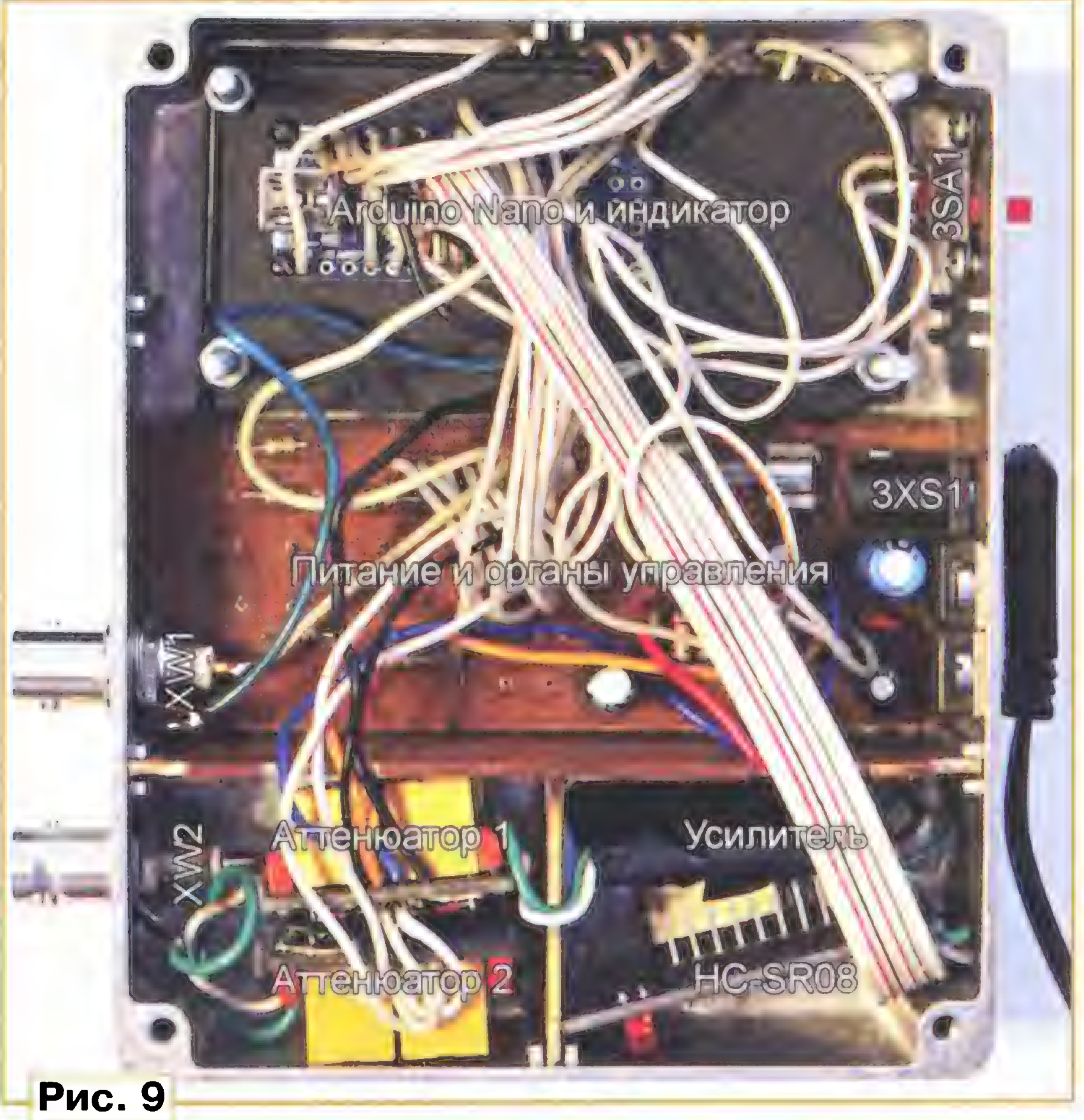


Рис. 9



Рис. 10

шунтированы диодами 1VD1, 1VD2, 2VD1, 2VD2.

Платы двух аттенюаторов идентичны (**рис. 7**) и различаются лишь номиналами установленных на них резисторов. Изготовлены эти платы из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита. Фольга на одной из сторон служит экраном и соединена с общим проводом стороны печатных проводников через переходные отверстия, которые на рис. 7 показаны залитыми. Вокруг выводов деталей фольга экрана удалена зенкованием.

Для получения необходимых значений сопротивления каждый из резисторов эквивалентной схемы аттенюатора фактически составлен из двух, соединённых параллельно.

На практике почти невозможно найти резистор, сопротивление которого в точности равно написанному на нём номиналу. Поэтому необходимо, измерив реальное сопротивление имеющихся в наличии резисторов, выбрать тот, сопротивление которого близко к требуемому $R_{расч}$, но больше его. Затем, подставив сопротивление выбранного резистора R_1 в формулу

$$R_2 = \frac{R_{расч} - R_1}{R_{расч}\ R_1},$$

найти сопротивление резистора R2, который следует подключить параллельно первому. В **таблице** представлены некоторые возможные комбинации резисторов для различных ступеней аттенюаторов.

Генератор собран в алюминиевом корпусе фирмы Gainta BX23B-1 (120×100×31 мм) с крышкой BX23T-1 (120×100×4 мм). Могут быть использованы более современные корпусы той же фирмы BO23 или BS23, укомплектованные крышками. Внутри корпус разделён на отсеки перегородкой из фольгированного стеклотекстолита, изображённой на **рис. 8**. Она отделяет платы аттенюаторов от модуля DDS с буферным усилителем и от платы питания и управления. Расположение основных узлов внутри корпуса представлено на **рис. 9**. Разъёмы XW1 и XW2 — СР50-73. Вид прибора со стороны лицевой панели — на **рис. 10**.

Между платами аттенюатора для исключения замыканий проложена изолирующая прокладка. Плата буферного усилителя с той же целью обмотана ПВХ изоляционной лентой. Платы аттенюаторов, буферного усилителя и модуля DDS в корпусе не закреплены. ЖКИ зафиксирован между дном корпуса и его крышкой четырьмя винтами длиной 30 мм. Модуль Arduino Nano закреплён поверх платы ЖКИ на изолирующей прокладке из пластика от коробки для CD.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arduino DDS — синтезатор частоты на базе AD9851 под управлением Arduino. — URL: **https://frompinskto.wordpress.com/2016/09/19/arduino-dds-синтезатор-частоты-на-базе-ad9851-под-упр/** (14.08.17).

2. **Тарасов А.** Синтезатор частоты для КВ трансивера. — Радио, 2004, № 5, с. 62—64; 2004, № 6, с. 64—67.

3. **Денисов В., Попов В.** Синтезатор частот для любительской коротковолновой радиостанции. — Радио, 2005, № 3, с. 68—71.

4. **Хлюпин Н.** Лабораторный генератор сигналов на DDS. — Радио, 2009, № 8, с. 15—17.

5. **Кулешов С.** Генератор на PIC16F84A и AD9850. — Радио, 2004, № 3, с. 27—29.

6. **Каминский С.** ГКЧ из синтезатора на основе DDS AD9835. — Радио, 2012, № 4, с. 19, 20.

От редакции. *Программа микроконтроллера модуля Arduino Nano и библиотека к ней имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/gendds.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

РАДИО®
ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Отладочная плата для микроконтроллеров PIC

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

Предлагаемый вариант отладочной платы предназначен для проверки и отладки программ микроконтроллеров семейства PICmicro в корпусе DIP-28, например: PIC18F2525, PIC18F2620, PIC16F76, PIC18F73, PIC16F870, PIC18F873, PIC18F876 и многих других. Она может быть полезна как начинающим радиолюбителям, так и опытным разработчикам встраиваемого программного обеспечения.

Схема отладочной платы представлена на **рис. 1**. Она имеет "на борту" следующий набор элементов: ЖКИ WH1602J-YYH-CT (HG1), кнопочную клавиатуру (SB1—SB16), два светодиода для поверхностного монтажа (HL1 и HL2), звуковой излучатель HCM1606X (HA1) с встроенным генератором, цифровой датчик температуры DS18B20 (BK1), стабилизатор напряжения питания 5 В (DA1) и панель для установки микроконтроллера DD1.

Рис. 1

Такая комплектация позволяет загружать в микроконтроллер, установленный на плату в качестве DD1, самые разнообразные по сложности и назначению программы и проверять их в действии. Например, программу калькулятора, способного выполнять различные арифметические действия, используя кнопочную клавиатуру и ЖКИ, или прилагаемую к статье программу цифрового термометра. Дополнительно задействовав излучатель звука HA1, можно испытывать программы различных сигнализаторов, таймеров и будильников. И многое-многое другое.

Выключатель SA1 предназначен для включения и выключения питания платы. Выключателем SA2 управляют подсветкой экрана ЖКИ, а подстроечным резистором R9 регулируют контрастность изображения на нём. Разъём X1 предназначен для подключения программатора (PicKit2, PicKit3 или аналогичного).

Чертёж отладочной платы изображён на **рис. 2**, её изготавливают из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Расположение элементов на плате показано на **рис. 3**. Для микроконтроллера DD1 на ней установлена панель DIP-28. Выключатели SA1 и SA2 — IS-1390. Кнопки SB1—SB16 — TC-12ET (KLS7-TS1204) или подобные.

В качестве примера того, как работать с отладочной платой, предлагаю руководство по превращению её в цифровой термометр. Помимо самой отладочной платы в сборе и микроконтроллера PIC16F876-20I/SP, потребуются программатор PicKit2 либо PicKit3 и компьютер с установленной на нём средой разработки программ для микроконтроллеров PICmicro MPLAB IDE.

Она бесплатна, её последнюю версию (на момент написания статьи — MPLAB X IDE v.3.65) можно найти по адресу **http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide** на официальном сайте компании Microchip. Скачав установочный пакет этой среды, запустите её установку и следуйте выводимым на экран компьютера инструкциям. В окне Select Programs установщика отметьте "галочками" все пункты.

Можно установить и работающий совместно с MPLAB компилятор языка Си, хотя для приложенной к статье программы цифрового термометра, написанной на языке ассемблера, он не нужен. Последнюю на момент написания статьи версию компилятора XC8 Compiler v.1.42 скачивают по адресу **http://www.microchip.com/mplab/compilers**. Он предназначен для восьмиразрядных микроконтроллеров семейства PICmicro. Его бесплатный вариант отличается от платного только степенью оптимизации выходного кода и вполне достаточен для большинства задач. По умолчанию компилятор будет помещён в папку с уже установленной MPLAB X IDE.

Запустите MPLAB X IDE и выберите в меню PROJECTS пункт Create New, в результате чего на экране компьютера будет открыто окно New Project. Выберите в нём Standalone Project и нажмите на экранную кнопку Next. В открывшемся окне выберите тип используемого микроконтроллера (в нашем случае это PIC16F876) и, нажав на экранную кнопку Next, перейдите в окно Select Tool. Выберите в нём используемый программатор, например PicKit3. В следующем окне Select Compiler выберите ассемблер mpasm(v5.54).

И наконец, в окне Select Program Name and Folder задайте имя проекта и папку, в которой он будет храниться. Чтобы в текстах программ правильно отображалась кириллица, обязательно укажите в поле Encoding кодировку windows-1251. В завершение подготовки к созданию проекта нажмите на экранную кнопку Finish.

В открывшемся окне на вкладке Projects щёлкните правой кнопкой мыши по пункту Source Files и выберите в выпавшем меню пункт Add existing items. Укажите путь к заранее помещённому на жёсткий диск компьютера (желательно в папку проекта) файлу исходного текста программы на языке ассемблера. В нашем случае это файл Thermo.asm из приложения к статье.

Дважды щёлкните левой кнопкой мыши по имени добавленного файла.

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

151

108

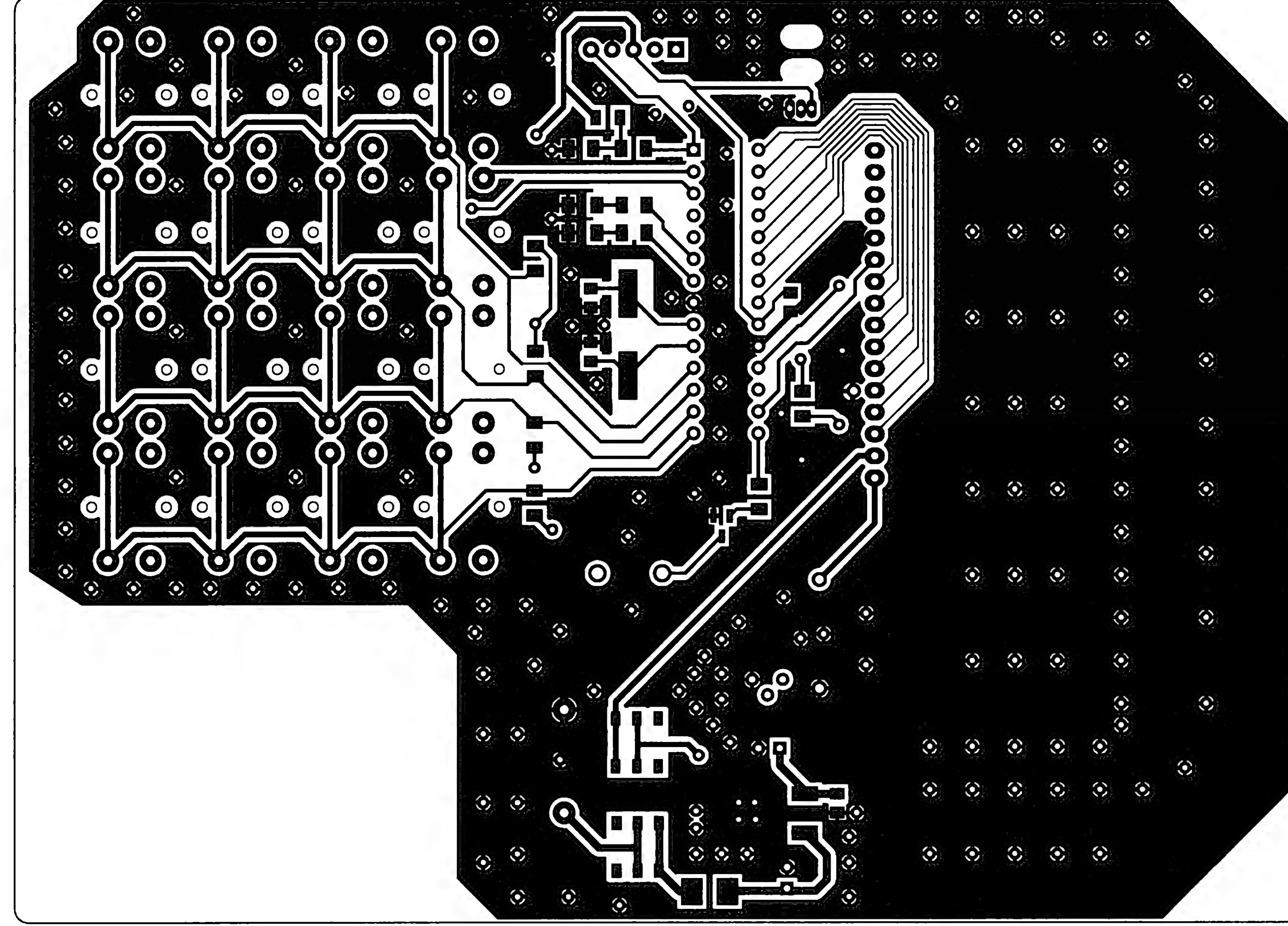


Рис. 2

Он будет открыт в окне редактора среды MPLAB. Затем нажмите на экранную кнопку с изображением молотка . Начнётся трансляция программы. О её успешном завершении будет свидетельствовать сообщение "BUILD SUCCESSFUL" в окне Output. В папке проекта появится готовый к загрузке в память микроконтроллера HEX-файл.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 3

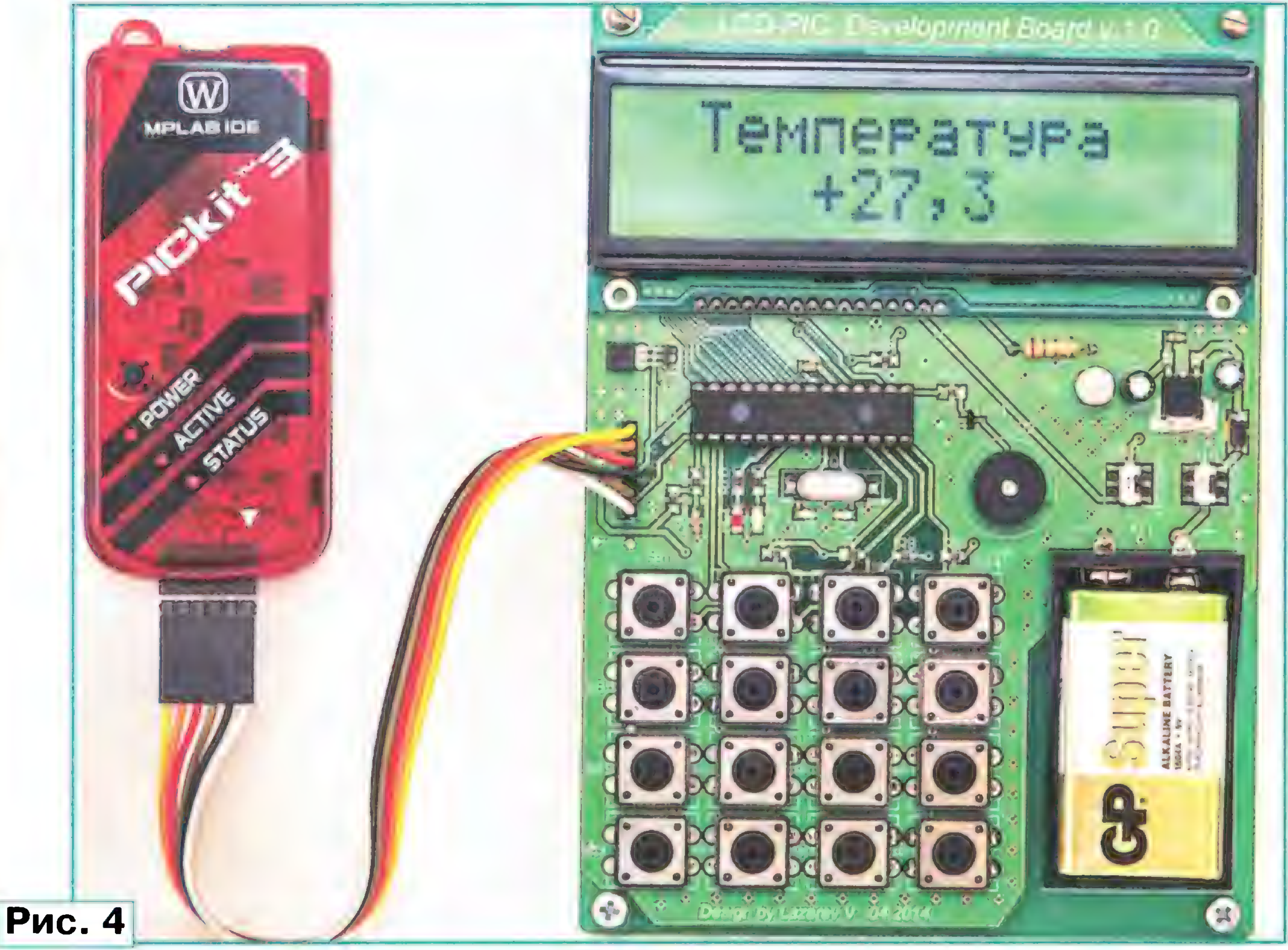


Рис. 4

Теперь остаётся только запрограммировать микроконтроллер. Для этого необходимо подключить программатор к отладочной плате, как показано на **рис. 4** (надпись на экране индикатора появится только после завершения программирования и запуска программы). Учтите, что расположение одноимённых контактов соединяемых разъёмов отладочной платы и программатора различно. Программатор необходимо также соединить с компьютером.

Прежде чем приступать к программированию, необходимо подать на разъём X2 напряжение питания 6....15 В от любого источника, например батареи "Крона" (6А22). Запитать плату можно и от программатора. Для этого следует в окне Project Properties выбрать категорию Conf:[default], а в ней выбрать пункт с именем используемого программатора. В поле Option categories следует установить Power, и в появившемся списке отметить строку "Power target circuit from...", завершающуюся именем выбранного программатора.

Чтобы выполнить трансляцию программы и программирование микроконтроллера, нажмите на экранную кнопку ▷. Об успешном завершении программирования будет свидетельствовать сообщение "Programming/Verify complete". Отладочная плата превратилась в цифровой термометр.

Загрузить имеющийся HEX-файл программы в установленный на отладочную плату микроконтроллер можно, не запуская MPLAB X IDE, с помощью утилиты MPLAB IPE. Она устанавливается автоматически вместе со средой и служит для непосредственного программирования микроконтроллера, стирания и чтения его памяти. Запустив MPLAB IPE 3.65 из меню "Пуск" компьютера, в открывшемся окне нужно указать тип используемого микроконтроллера и путь к подлежащему загрузке HEX-файлу. В данном случае — к приложенному к статье файлу Thermo.hex, который должен быть заранее помещён на один из дисков компьютера.

Программа сама опознает подключённый к компьютеру программатор PicKit3 или другой из имеющегося в ней списка. Подключив отладочную плату к программатору, нажмите на экранную кнопку Program. Но если микроконтроллер уже был в употреблении и в его памяти записана какая-либо информация, предварительно нужно её стереть, нажав на экранную кнопку Erase. После успешного завершения программирования на экране компьютера вслед за списком запрограммированных областей памяти микроконтроллера появится сообщение "Programming/Verify complete".

От редакции. Программа цифрового термометра находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/thermo.zip** на нашем FTP-сервере.

Аквасторож

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Предлагаемое устройство поможет предотвратить аварийные последствия протечки горячей и холодной воды из неисправных кранов или трубопроводов в квартире или доме, своевременно перекрыв её подачу.

Это устройство работает совместно с электрифицированными вентилями (со встроенными электродвигателями). Оно перекроет подачу воды в квартиру, если возникла протечка и в контролируемых зонах появилась вода. Поскольку может произойти протечка как холодной, так и горячей воды, потребуется установка двух вентилей, которые надо закрывать одновременно, но устройство может работать и с одним.

Аквасторож содержит несколько частей: контролирующее устройство, которое управляет двумя (или одним) вентилями, а также один или несколько датчиков залива и сетевой источник питания.

Схема **контролирующего устройства** показана на **рис. 1**. В его состав входят D-триггер DD1.1, электронный ключ на транзисторе VT1, генератор импульсов на триггере DD1.2, аккумуляторная батарея GB1, а также элементы управления и индикации. Чтобы не применять дополнительных микросхем, генератор импульсов собран на свободном D-триггере DD1.2, поэтому его схема немного усложнена. Генератор формирует стробирующие импульсы длительностью в доли секунды и периодом следования 30...40 с. Эти импульсы поступают на вход C (вывод 11) D-триггера DD1.1. В момент появления импульса вспыхивает светодиод HL1 "Контроль" белого свечения.

Датчики залива подключают к гнёздам XS1 и XS2, через резистор R1 на них поступает напряжение питания, диоды VD1, VD2 — развязывающие, конденсатор C1 подавляет высокочастотные наводки. В дежурном ("сухом") состоянии на выходе датчиков присутствует высокий уровень (лог. 1), который записывается в D-триггер DD1.1 с приходом каждого стробирующего импульса. В этом случае на прямом выходе (вывод 13) — лог. 1, диоды VD3 и VD4 закрыты и генератор работает постоянно. На инверсном выходе (вывод 12) — лог. 0, поэтому транзистор VT1 закрыт и на гнёздах XS3 и XS4, к которым подключены электродвигатели вентилей, напряжение отсутствует. Такое построение контролирующего устройства дополнительно повышает его помехоустойчивость, поскольку, если время прихода помехи не совпадает со стробирующим импульсом, состояние устройства не изменяется.

Вентили можно закрыть вручную, нажав на кнопку SB3, или открыть, нажав на кнопку SB2. Питается устройство от сетевого блока питания напряжением 5,5 В, который подключают к гнезду XS5. Индицирует этот режим светодиод HL2 зелёного свечения. Для повышения надёжности работы в устройство введена аккумуляторная батарея GB1, от которой оно питается в случае отсутствия напряжения сети или неисправности сетевого блока питания. При наличии питания происходит постоянная подзарядка батареи. Резистор R7 ограничивает ток зарядки батареи, диоды VD7, VD8 — развязывающие.

При заливе на контакты датчика попадает вода, и на его выходе появляется лог. 0, который поступит на вход D триггера DD1.1. В момент появления стробирующего импульса этот уровень будет записан в триггер, и на его прямом выходе появится лог. 0, который запретит работу генератора. Светодиод HL1 станет светить постоянно, сигнализируя о том, что произошёл залив. На инверсном выходе триггера установится лог. 1, которая через конденсатор C3 поступит на затвор транзистора VT1. Он откроется, и на электродвигатели вентилей поступит питающее напряжение, поэтому вода будет перекрыта. Временной интервал, в течение которого напряжение поступает на электродвигатели, определяет постоянная времени цепи R4C3. Её можно изменить подстроечным резистором R4. По окончании зарядки конденсатора C3 транзистор VT1 закроется и вентили будут обесточены. В таком состоянии устройство останется до тех пор, пока не будет кратковременного нажатия на кнопку SB1 "Сброс". После этого, если протечка устранена и датчики "сухие", устройство вернётся в исходное состояние.

Большинство элементов размещены на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, её чертёж показан на **рис. 2**. В устройстве применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, Р1-4, подстроечный — СП3-19, оксидные конденсаторы — импортные (ёмкость конденсатора C2 должна быть как можно больше, поскольку он обеспечивает пусковой ток электродвигателей вентилей), остальные — керамические,

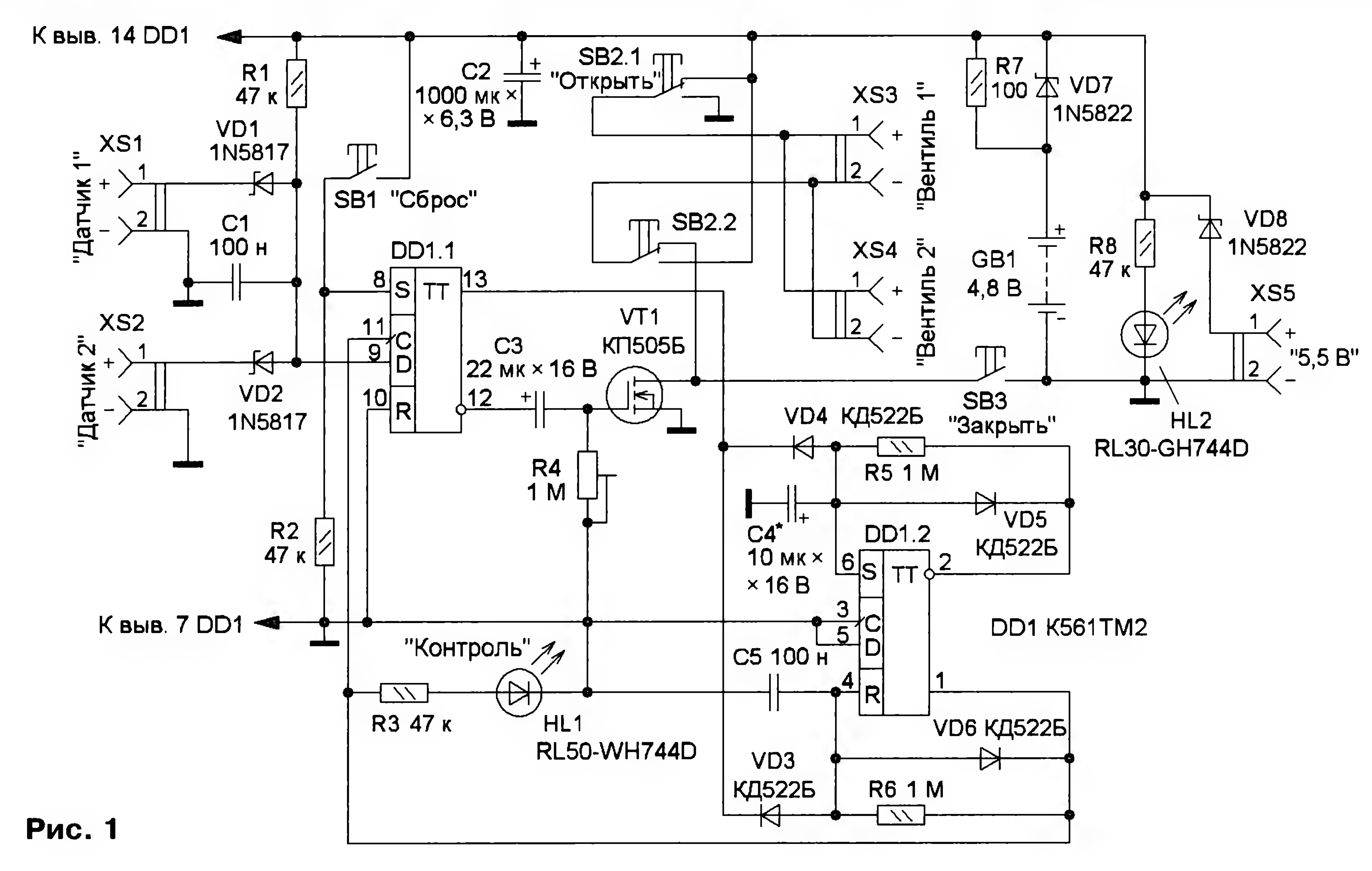


Рис. 1

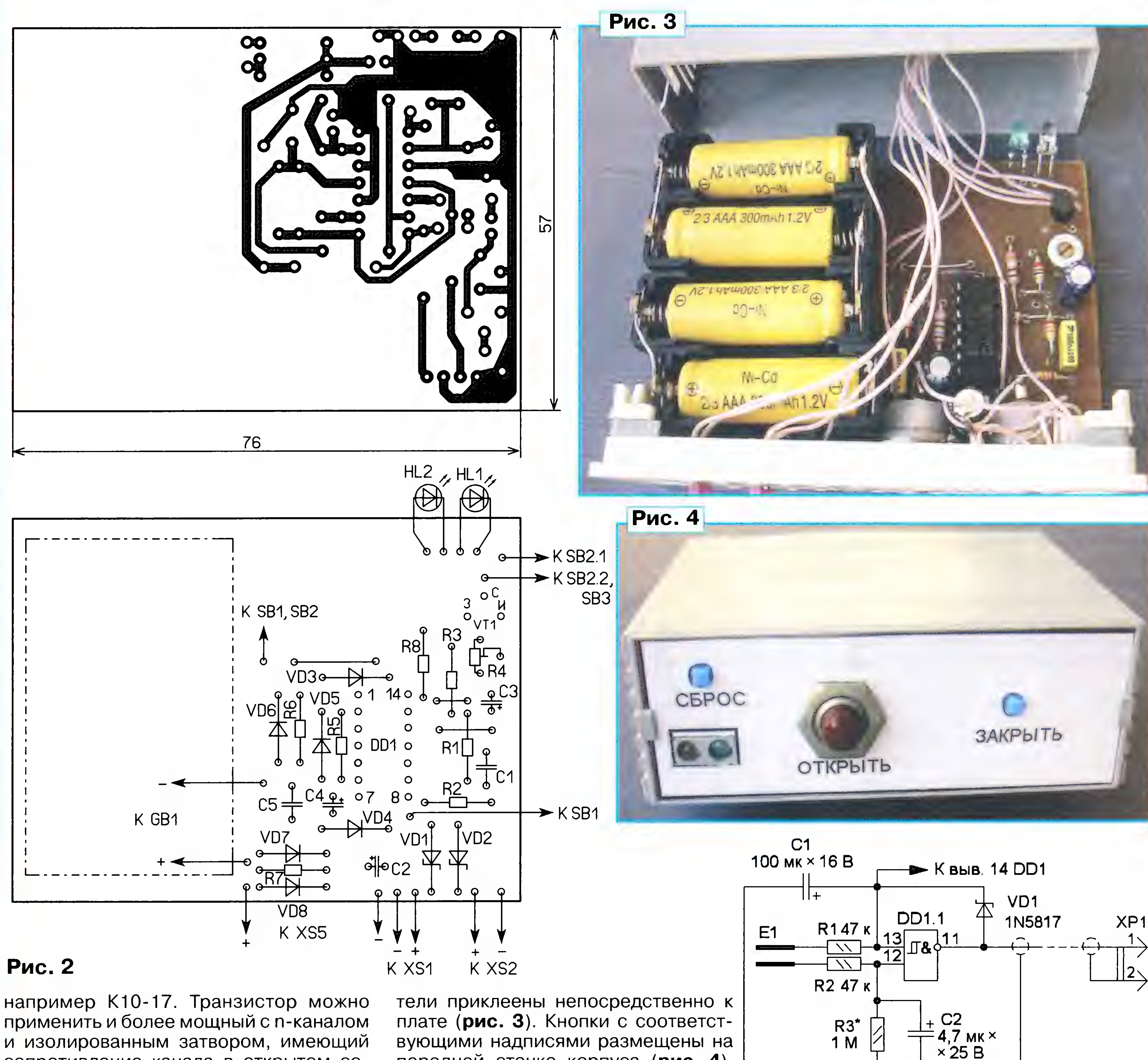


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

например К10-17. Транзистор можно применить и более мощный с n-каналом и изолированным затвором, имеющий сопротивление канала в открытом состоянии не более 1...2 Ом и напряжение открывания — не более 2...3 В. Диоды 1N5817 заменимы любыми маломощными выпрямительными Шотки, 1N5822 — выпрямительными Шотки с допустимым прямым током не менее 2 А, остальные — любыми импульсными маломощными. Для повышения экономичности применены светодиоды повышенной яркости, которые святят ярко при токе в доли миллиампер, поэтому их следует заменять аналогичными. Все кнопки — с самовозвратом, SB2 — КМ2-1, остальные — любые малогабаритные, но контакты кнопки SB3 должны выдерживать ток электродвигателей. Гнёзда можно применить любые малогабаритные.

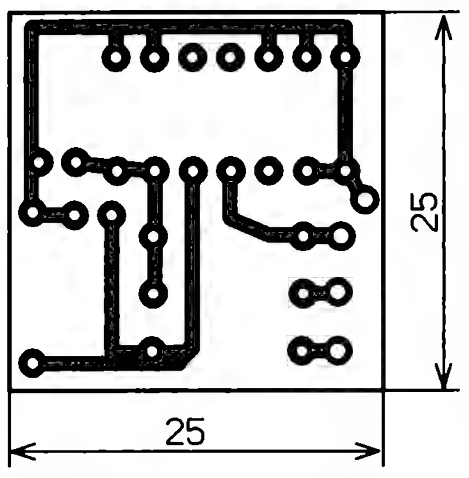
Плата и остальные элементы контролирующего устройства размещены в пластмассовом корпусе размерами 79×66×28 мм. Его габариты определили размеры печатной платы и тип используемых аккумуляторов — 2/3 AAA, которые позаимствованы вместе с держателями из газонных светильников. Держатели приклеены непосредственно к плате (**рис. 3**). Кнопки с соответствующими надписями размещены на передней стенке корпуса (**рис. 4**), все гнёзда — на задней. Если корпус будет больше, желательно применить аккумуляторы и конденсатор C2 большей ёмкости.

Длительность стробирующего импульса можно изменить подборкой конденсатора C5 (чем больше ёмкость, тем больше длительность), период их следования — подборкой конденсатора C4 (также чем больше, тем больше). Следует отметить, что к контролирующему устройству можно подключить несколько активных датчиков, в данном случае на схеме показан вариант для двух.

Активный датчик залива. Самый простой вариант пассивного датчика — резистивный. Он представляет собой два электрода, удалённых друг от друга на некоторое расстояние. В "сухом" состоянии сопротивление датчика велико, а когда между электродами появляется вода, сопротивление существенно уменьшается, что и служит сигналом залива. Схема датчика показана на **рис. 5**. Он сделан активным — в его состав, кроме электродов, входит и логическая микросхема. Это сделано для того, чтобы уменьшить влияние помех и наводок. Дело в том, что пассивный датчик в "сухом" состоянии, как правило, имеет большое сопротивление и расположен на расстоянии от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров от контролирующего устройства. Поэтому для уменьшения наводок соединительный провод должен быть обязательно экранированным. Но этого может оказаться также недостаточно. В предлагаемом датчике контроль сопротивления между электродами осуществляет логический элемент DD1.1, который в зависимости от ситуации формирует на своём выходе высокий или низкий логический уровень.

Датчик подключён к контролирующему устройству с помощью вилки XP1. На контакт 1 через токоограничивающий резистор R1 (см. рис. 1) по-

ступает питающее напряжение, а контакт 2 соединён с общим проводом. После подключения датчика к контролирующему устройству через диод VD1 конденсатор C1 заряжается практически до напряжения питания. Резисторы R1 и R2 защищают входы элемента DD1.1, конденсатор C2 подавляет помехи и



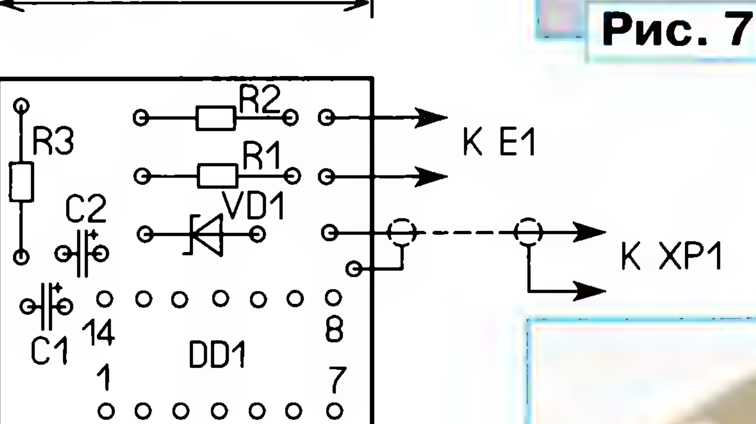


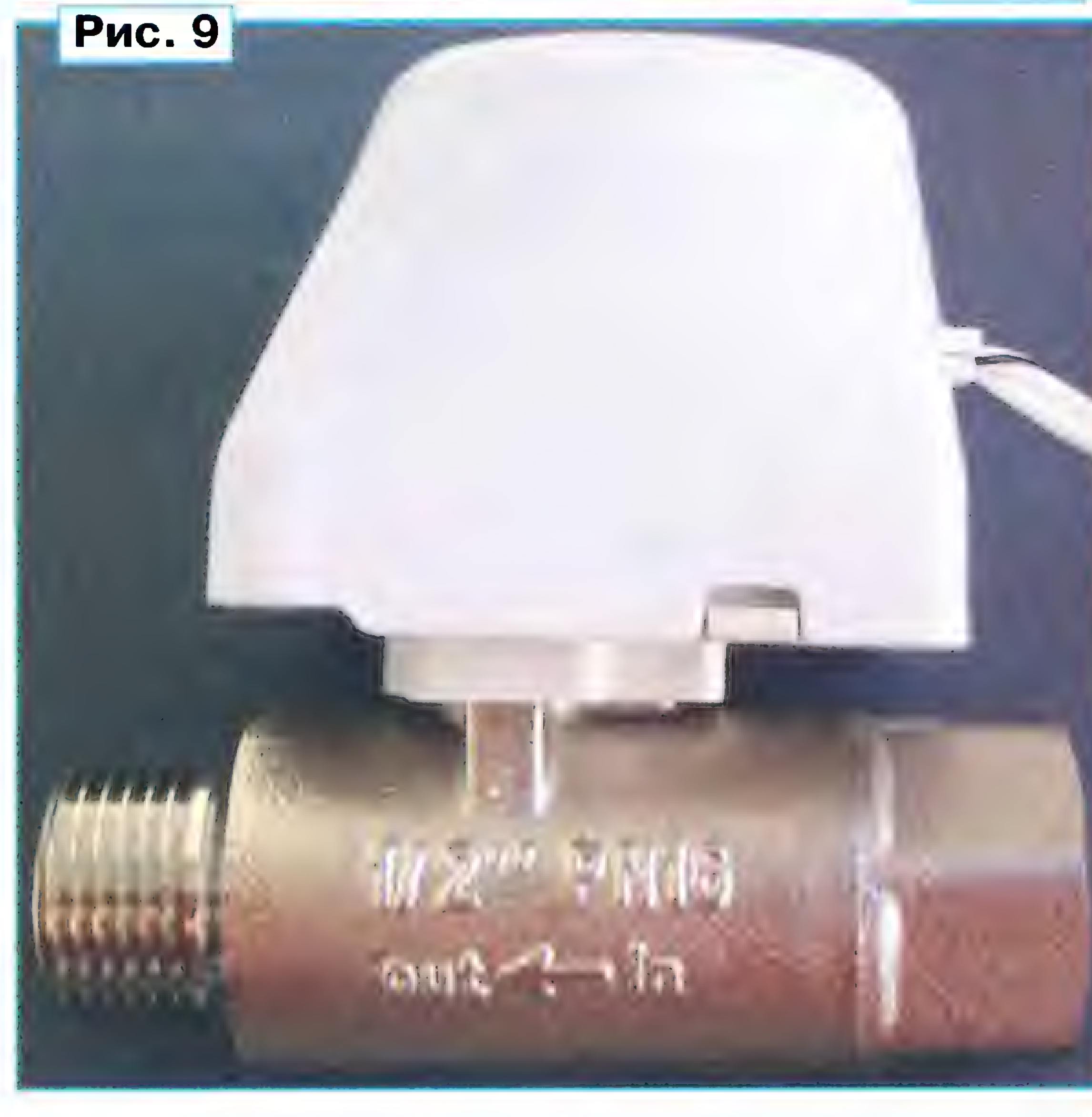

Рис. 6

наводки. Чувствительный элемент — электроды датчика E1. В "сухом" состоянии сопротивление между ними велико, поэтому на нижнем по схеме входе (выводе 12) элемента DD1.1 присутствует лог. 0, а на выходе — лог. 1. При заливе сопротивление уменьшается, и через резисторы R1 и R2 заряжается конденсатор C2. Когда напряжение на нём превысит две трети напряжения питания, на выходе элемента DD1.1 появится лог. 0, который контролирующее устройство воспримет как сигнал о заливе. В таком состоянии питающее напряжение на активный датчик не поступает, и элемент DD1.1 питается от конденсатора C1. Запасённой в нём энергии хватает на 2...3 мин работы, и этого времени вполне достаточно, чтобы контролирующее устройство зафиксировало сигнал. В обоих состояниях элемента DD1.1 его выходное сопротивление мало, поэтому вероятность наведения помех и наводок на соединительный провод невелика.

Рис. 7

Чертёж платы активного датчика показан на **рис. 6**. Она изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм.


Рис. 8


Рис. 9

В датчике можно применить резисторы С2-23, Р1-4, конденсаторы — импортные или К50-35, диод — любой маломощный выпрямительный Шотки. Соединительный провод между контролирующим устройством и датчиком должен быть экранированным и изолированным. Чувствительность датчика можно изменить подборкой резистора R3, чем больше его сопротивление, тем больше чувствительность. Сопротивление этого резистора не должно быть менее 300 кОм, иначе датчик может потерять чувствительность совсем.

В качестве корпуса датчика применён корпус цилиндрической формы от малогабаритного газонного светодиодного светильника диаметром 45 и высотой 28 мм. Солнечную батарею и остальные элементы из светильника удаляют. При желании высоту можно уменьшить, срезав ненужную часть. В корпусе размещена печатная плата (**рис. 7**), электроды изготовлены из нержавеющей проволоки от канцелярской скрепки (**рис. 8**). Их вплавляют с помощью паяльника в нижнюю часть корпуса датчика, а выводы припаивают к резисторам R1 и R2. После проверки работоспособности датчика все щели и отверстия герметизируют силиконовым герметиком. Датчики размещают в местах наиболее вероятного появления воды в случае протечки.

Блок питания — сетевой стабилизированный (можно импульсный) с максимальным выходным током 2 А и защитой от КЗ. Его выходное напряжение должно быть 5,5 В, поскольку только в этом случае обеспечивается полная зарядка аккумуляторной батареи.

Применены вентили (**рис. 9**) под наименованием "Шаровой электрокран "Аквасторож-15" с напряжением питания электродвигателей 5 В. В соответствии с приведёнными параметрами они обеспечивают закрытие за 2,5 с. Измерения показали, что при закрывании потребляемый ток — около 300 мА. При остановке он возрастает до 0,7...0,9 А.

Если планируется применить вентили с напряжением питания электродвигателей 12 В, на это напряжение можно перевести и всё устройство. Для этого следует применить оксидные конденсаторы и аккумуляторную батарею на соответствующее напряжение. В этом случае потребляемый ток, конечно, уменьшится.

Наличие встроенной аккумуляторной батареи вовсе необязательно, можно применить внешнюю или исключить её совсем, удалив элементы R7, VD7 и VD8, а питающее напряжение подать непосредственно на выводы конденсатора C2. Но в последнем случае при отсутствии напряжения в сети устройство работать не будет.

Работу всего аквасторожа надо тщательно проверить перед установкой, впоследствии не забывать о нём и периодически проверять работоспособность, исправность аккумуляторов, в ручном режиме закрывать и открывать вентили, чтобы они не "закисали". ■

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Прямые трансляции в эфире радиостанции

А. СЕРГЕЕВ, г. Москва, технический директор M10Media

Для большинства радиостанций вполне достаточно обычного музыкального эфира, нескольких выпусков новостей и программы по заявкам. А если мы попробуем добавить в эфир новый контент, который не только понравится вашей постоянной аудитории, но и, возможно, привлечёт новых слушателей? Один из вариантов решения такой задачи — прямые трансляции в эфире вашей радиостанции. О том, как это можно реализовать с помощью оборудования швейцарской фирмы Barix, мы и поговорим в этой статье.

Выездная студия

Итак, у нас есть основная студия, здесь установлены эфирный пульт и ПК, организованы рабочие места ведущих эфира. В большинстве случаев такие студии недоступны для свободного доступа и находятся в охраняемых помещениях. Теперь давайте представим, что ваша студия расположена, например, в крупном торговом центре или вообще на улице и простые прохожие или поклонники вашей радиостанции могут посмотреть на "кухню" радиостанции изнутри, пообщаться с ведущими, сделать селфи и многое-многое другое. Согласитесь, подобная акция привлечёт внимание аудитории и рекламодателей! При грамотном подходе такие мероприятия могут принести дополнительный доход в бюджет радиостанции.

Оптимальный вариант — делать такие акции эпизодическими, например, на период празднования Дня города или открытия нового торгового центра.

Интересным для вашей аудитории может быть и организация регулярных трансляций музыкальных концертов. Установив кодер Barix на площадке (например, клуб или стадион) и подключив его к микшерному пульту, вы сможете передавать качественную трансляцию в эфире вашей радиостанции. Аналогично можно организовать трансляцию спортивного мероприятия с комментариями вашего ведущего.

Время готовности к работе устройств Barix — всего несколько секунд, при грамотной первоначальной настройке запускать весь передающий комплекс в работу можно будет лишь подключением питания для IP-кодера.

Канал связи

Одна из основных задач для организации "открытой студии" — создание канала связи открытая/мобильная студия → основная студия → передатчик. Это самый практичный вариант, так как весь процесс контролируется в главном офисе радиостанции. Можно исключить основную студию из тракта, тогда ваша мобильная студия будет передавать данные сразу на передающий центр, но это возможно только в том случае, если у передатчика установлен декодер звука Barix и есть Интернет.

Какой тип интернет-подключения можно использовать в мобильной студии? Если локальная инфраструктура позволяет, предпочтение стоит отдать проводному подключению (ADSL, оптика и т. п.). Для передачи качественного стереозвука (MP3, 256 кбит/с, стерео) будет достаточно скорости около 300 кбит/с.

Не стоит забывать, что к "полезным" аудиоданным добавляются ещё и служебные, что увеличивает суммарный битрейт на 10...15 %. Именно по этой причине всегда должен быть небольшой запас в пропускной способности. Подробную информацию о методиках расчёта можно найти на официальном сайте компании Barix **<barix.com>**. Также можно проконсультироваться у специалистов официального поставщика оборудования Barix компании "Родник" **<rodnik.ru>**.

Для непродолжительных включений (несколько часов) можно использовать и беспроводное мобильное подключение 3G/4G, но перед началом



Рис. 1



Рис. 2

РАДИО® · ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Параметры	Exstreamer 500	Exstreamer 1000	Instreamer
Габаритные размеры, мм	216×38×125		108×38×78
Материал корпуса	Алюминиевый корпус высотой 1U для стойки 19"		Алюминиевый корпус (опционально — монтажная пластина)
Масса, г	620		225
Аудиоформат	Кодирование MP3 30…192 кбит/с, поддержка VBR, G.711 (16/32/48 кГц), PCM (16 бит, 16/32/48 кГц) Декодирование MP3 30..320 кбит/CBR/VBR, G.711(16/32/44,1/48 кГц), PCM (16 бит, 16/32/44,1/48 кГц)		Кодирование/декодирование MP3 192/320 кбит/с, поддержка VBR и CBR, PCM (16 бит, 16/22,05/24/32/44,1/48 кГц, G.711, uLaw, aLaw (частоты аналогичные PCM)
Аудиоинтерфейс	Балансные аналоговые входы/выходы	Цифровой AES/EBU вход/выход. Балансный аналоговый вход/выход	Стерео RCA 3,5 мм Jack (разъём для головных телефонов), управление уровнем громкости через браузер
Сетевой интерфейс	Ethernet 10/100 Мбит (автоматическое переключение), разъём RJ45 с интегрированными индикаторами "Связь" и "Активность"		
Поддерживаемые протоколы	TCP/IP, UDP, RTP, SIP, DHCP, Multicast		TCP/IP, UDP, RTP, DHCP, SNMP, SIP, AutoIP, SonicIP, IPzator
Управляющий интерфейс	RS-232, RS-485		RS-232 (DSub-9)
Индикаторы	Два светодиодных индикатора определения статуса (красный и зелёный), кнопка "Сброс" (заводские установки по умолчанию), четыре светодиодных индикатора определения статуса ввода/вывода		
Интерфейс пользователя	Управление и конфигурирование с помощью встроенного WEB-интерфейса, а также через последовательный и сетевой интерфейс (API)		
Тип питания	Внешний блок питания с набором съёмных вилок		
Напряжение питания, В	24…48 (постоянный ток)		9…30/12…24 (постоянный ток)
Потребляемая мощность, Вт	8		4
Интервал рабочих температур, °С	0…40		
Допустимая влажность, %	70, без образования конденсата		
Соответствие стандартам	RoHS, FCC, CE, C-Tick		

работ необходимо провести тестовую трансляцию и убедиться, что в данном месте имеется качественное покрытие сигналом сотового оператора. Мобильный Интернет делится между всеми пользователями одной базовой станции, следовательно, скорость доступа в Интернет для каждого отдельного пользователя величина, к сожалению, не постоянная, что не подходит для передачи звуковых данных. Если трансляции планируют быть регулярными, а проводного подключения нет, хорошим решением будет обращение к оператору мобильной связи для заключения договора, возможно, оператор сможет обеспечить для вас приоритезацию трафика или предложит альтернативное решение, что позволит избежать искажений звука.

Оборудование

Какое же оборудование поможет нам организовать такую доставку сигнала?

В мобильной студии можно установить Barix Instreamer или Barix Exstreamer 500/1000 (**рис. 1** и **рис. 2**) с соответствующей прошивкой. В основной студии может быть установлен любой декодер звука Barix из линейки Exstreamer'ов. Но для удобства работы лучше остановить свой выбор на Barix Exstreamer 500/1000, основные параметры которых приведены в **таблице**, так как именно эти устройства оборудованы профессиональными балансными XLR-разъёмами, а 1000-я модель снабжена ещё и цифровым разъёмом AES/EBU.

Кодер Barix может передавать звук на несколько приёмников (до восьми устройств), в том числе на серверы потокового вещания IceCast/ShoutCast. Это позволяет создавать сложные схемы подачи сигнала и резервирования.

Компактность, отсутствие движущихся частей внутри и отверстий в металлическом корпусе позволяют разместить оборудование Barix практически в любом месте. Такому устройству не нужна вентиляция или любые другие методы охлаждения.

Для повышения стабильности вещания можно поставить в тракт и новинку от Barix — Redundix. Это устройство позволяет передавать звуковые данные одновременно по двум каналам связи, и в случае выхода из строя одного их них автоматически переключаться на второй. Возможен режим работы, когда второй (резервный) канал связи будет задействован только в случае отказа основного канала доставки сигнала. Redundix работает с данными, которые передаются по протоколу RTP, и может быть установлен в дополнение к уже работающим в тракте Barix'ам.

Заключение

В этой статье мы рассмотрели несколько самых простых примеров использования оборудования Barix для обеспечения прямых трансляций в эфире вашей радиостанции. Но повсеместная доступность сети Интернет позволяет выйти за пределы города и даже страны. С оборудованием Barix вы можете организовать трансляцию из другой точки планеты, и всё, что вам нужно будет сделать, — это только включить настроенный прибор в сеть!

Комбинированный термометр

С. ГЛИБИН, г. Москва

Прибор позволяет измерять температуру воздуха в помещении с помощью встроенного датчика или температуру тела человека с помощью внешнего датчика. Особенностью устройства является то, что в качестве датчика температуры применён малогабаритный терморезистор, обладающий малой инерционностью, что сокращает время измерения и позволяет также измерять температуру корпуса малоразмерных электронных компонентов. Из-за малого потребляемого тока термометр не имеет выключателя питания. Устройство доступно для повторения и может заинтересовать тех, кто увлекается конструированием электронных устройств на микросхемах структуры КМОП без применения микроконтроллеров.

Тема измерения температуры электронным прибором хотя и не нова, но, по мнению автора, заслуживает внимания у любителей электроники. Ранее она не раз поднималась на страницах журнала "Радио". Так, в своё время меня заинтересовал электронный термометр, опубликованный в [1]. В статье давалась ссылка на оригинал из чешского журнала "Amatérské Radio". На основе этих схемных решений был собран прибор, с удовлетворительной точностью измерявший температуру тела, но продолжительность работы от батареи питания 9 В оставляла желать лучшего. Последнее, со временем, привело к решению разработать термометры, способные работать длительное время без отключения автономного источника питания.

Схема термометра приведена на **рис. 1**. По методу измерения он аналогичен комнатному термометру, опубликованному ранее в [2], но отличается следующим:

— повышено разрешение измерения температуры до 0,1 °C;

— применён тактовый генератор, собранный на инверторе, входящем в состав "часовой" микросхемы DD1, и кварцевом резонаторе с частотой 32768 Гц (ZQ1);

— введён узел контроля напряжения и индикации разрядки автономного источника питания;

— измерение проводится каждую секунду;

— погрешность измерений температуры тела в интервале от +36,6 до +40 °C не более 0,2 °C.

Максимальная измеряемая температура — +99,9 °C. При температуре менее +15 и более +60 °C погрешность измерения возрастает до 1...2 °C. Впрочем, для оценки нагрева, например, корпусов мощных транзисторов или теплоотводов, это вполне приемлемо.

При подаче питания узел, собранный на элементе DD3.3 (триггере Шмитта) и интегрирующей цепи R3C3, формирует импульс обнуления длительностью около 0,1 с для начальной установки всех из числа задействованных счётчиков в микросхеме DD1 и счётчика-делителя на два, собранного на D-триггере DD2.1. По окончании импульса, а затем через каждую секунду на выходе S1 микросхемы DD1 уровень лог. 0 сменяется уровнем лог. 1.

Рассмотрим работу термометра при появлении уровня лог. 1 на выходе S1 микросхемы DD1. Через дифференцирующую цепь C4R4 этот уровень поступает на вход S D-триггера DD2.2 и устанавливает на его прямом выходе уровень лог. 1. Через дифференцирующую цепь C6R7 он поступает на входы R трёхдекадного счётчика на микросхемах DD5—DD7 и обнуляет его. Одновременно начинает работу генератор, собранный на элементе DD3.4 (триггере Шмитта), конденсаторе C5 и терморезисторе RK1 с отрицательным ТКС (или NTC-терморезисторе). Поскольку частота генератора зависит от температуры терморезистора (далее датчик), подсчитав трёхдекадным счётчиком импульсы, поступившие с генератора на его вход за определённый временной измерительный интервал, можно измерить температуру в зоне контакта корпуса датчика с окружающей средой. Так, при температуре +36,6 °C число импульсов должно быть 366. Это реализовано как выбором длительности интервала измерения, так и подборкой ёмкости конденсатора C5.



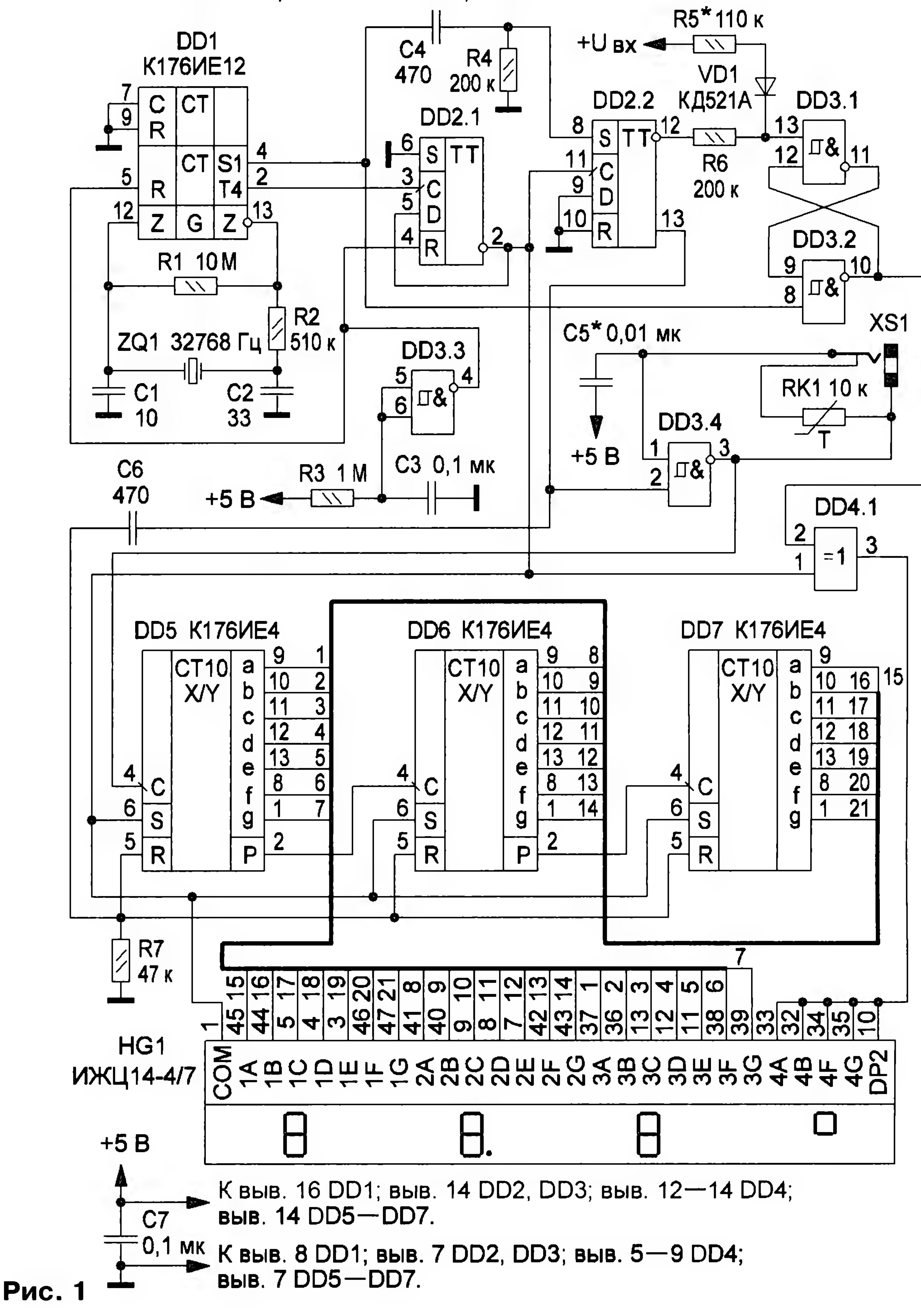
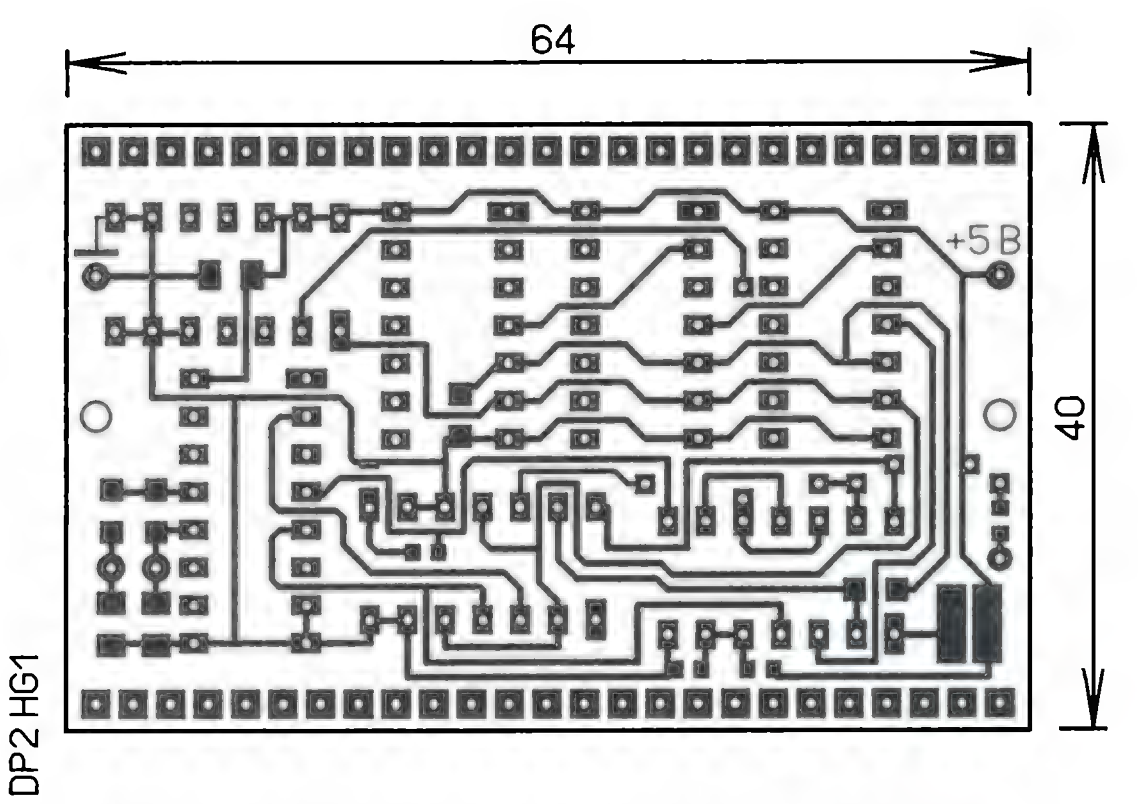


Рис. 1



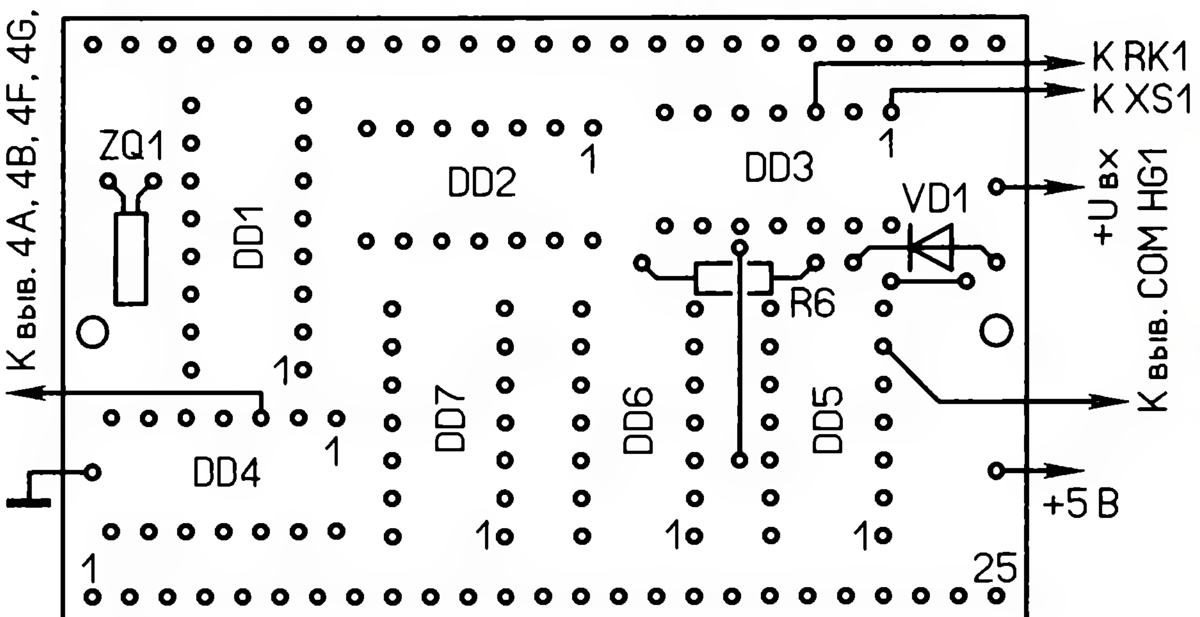


Рис. 2

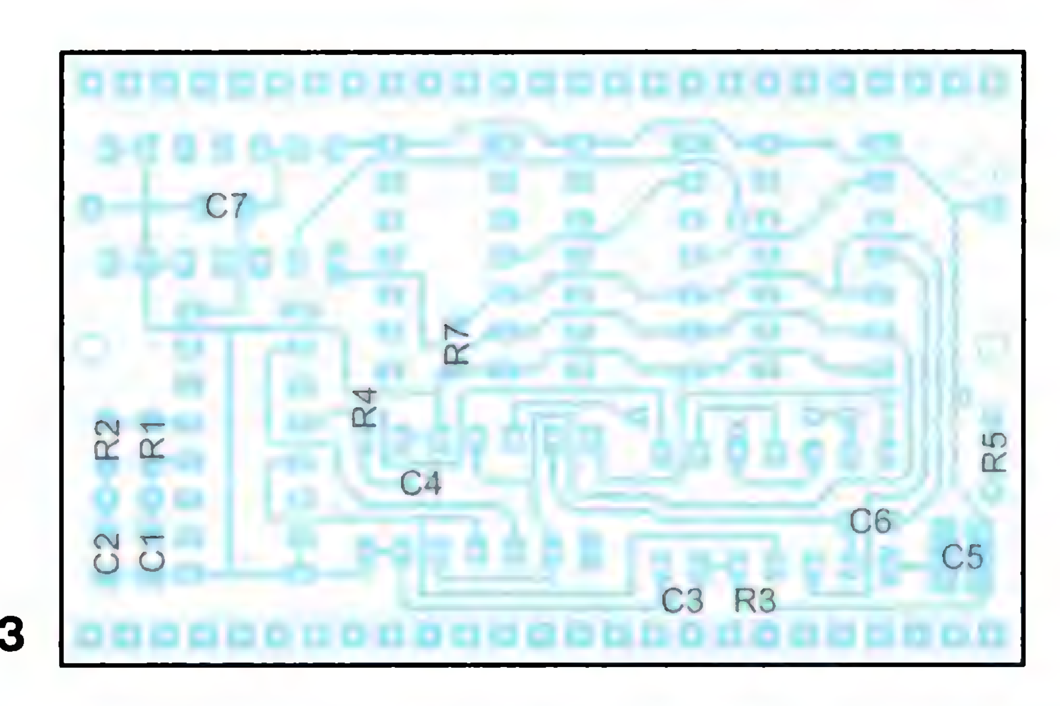


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

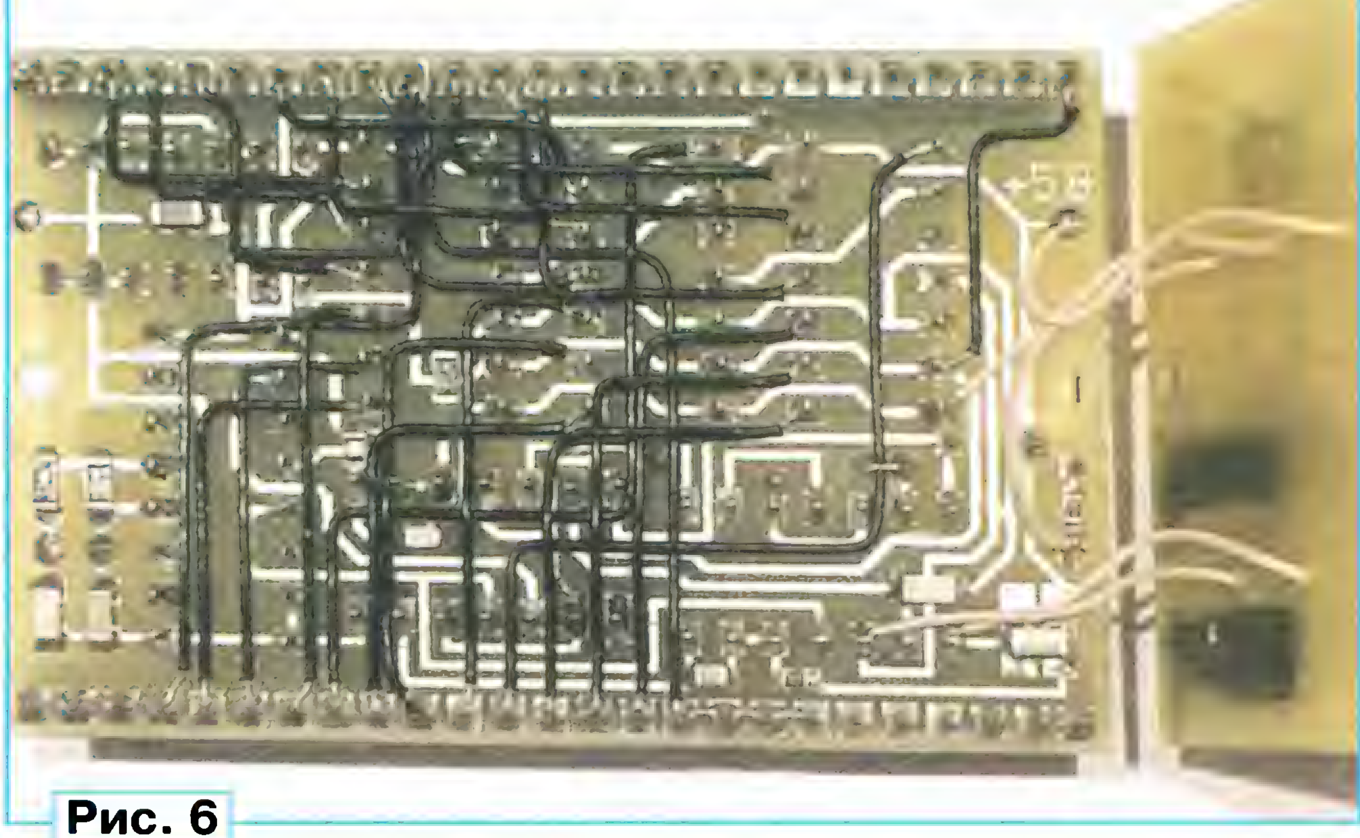


Рис. 6

Длительность интервала измерения — 13,67 мс — задаёт счётчик-делитель на триггере DD2.1. На его счётный вход C с выхода T4 микросхемы DD1 поступает непрерывная импульсная последовательность частотой 128 Гц. Первый импульс на выходе T4 появляется через 5,86 мс после начала секундного импульса и переключает инверсный выход счётчика-делителя из состояния лог. 1 в лог. 0, а через 7,81 мс (1/128 с) следующий импульс с выхода T4 возвращает его в исходное состояние. Это приводит к переключению триггера DD2.2 в состояние лог. 0 и завершению интервала измерения. Работа генератора на элементе DD3.4 от уровня лог. 0, поступившего на один из его входов (вывод 2), приостанавливается. Далее состояние триггера DD2.2 не изменяется до появления следующего, продифференцированного цепью C4R4, секундного импульса на его входе S. ЖКИ HG1, подключённый к соответствующим выходам трёхдекадного счётчика DD5—DD7, индицирует измеренную температуру в виде числа импульсов, поступивших на его вход с генератора. Через каждую секунду процесс измерения температуры повторяется. Работа счётчика-делителя на D-триггере DD2.1 не прерывается. Он постоянно вырабатывает на выходе импульсы с частотой 64 Гц (меандр), поступающие на ЖКИ.

Следует отметить, что ток, потребляемый термометром, довольно мал — 15...20 мкА, поэтому его источник питания может быть практически любым с выходным стабилизированным напряжением +5 В. Автор применил Li-Ion аккумулятор напряжением +3,7 В от сотового телефона. Стабильное напряжение +5 В получено от микромощного повышающего преобразователя напряжения [3, 4]. В преобразователе установлен дроссель L1 серии EC24, его индуктивность может быть в пределах от 390 до 1000 мкГн.

Применение Li-ion аккумулятора (или батареи из двух гальванических элементов) требует контроля степени его разрядки, поэтому в термометр введён узел контроля напряжения аккумулятора и индикации разрядки. Он собран на элементах DD3.1 и DD3.2, включённых асинхронным RS-триггером, и на элементе DD4.1 "исключающее ИЛИ". К инверсному выходу триггера DD2.2 и плюсовому выводу аккумулятора $+U_{вх}$ [3] подключён делитель R5VD1R6. Диод VD1 исключает протекание тока в аккумулятор при уровне лог. 1 на инверсном выходе триггера. Контроль напряжения происходит в каждом интервале измерения. В это время на инверсном выходе триггера всегда присутствует лог. 0,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

а значит, на резисторе R6 — часть напряжения аккумулятора, заданная соотношением сопротивлений R5 и R6. Пока эта часть напряжения выше нижнего порога переключения элемента DD3.1 (триггера Шмитта), на инверсном выходе RS-триггера (вывод 10 DD3.1) присутствует лог. 1. Такое состояние RS-триггера принудительно задают уровни лог. 0 во время пауз секундных импульсов, поступающих на него с выхода S1 счётчика DD1. Элемент DD4.1 при лог. 1 на одном из входов (выводе 2), соединённом с выходом RS-триггера, инвертирует напряжение возбуждения, поступающее на другой вход (вывод 1), поэтому сегменты A4, B4, F4, G4 ЖКИ, отображающие знак температуры "°", и знак DP2 ЖКИ (десятичная точка) индицируются постоянно.

Как только напряжение на аккумуляторе снизится до +3,3 В, напряжение на резисторе R6 делителя при уровнях лог. 0 на инверсном выходе триггера DD2.2 станет равным нижнему порогу переключения элемента DD3.1. RS-триггер переключится в противоположное состояние, и напряжение возбуждения через элемент DD4.1 начнёт проходить без инверсии. Знаки температуры и десятичной точки сначала погаснут, но через 0,5 с вновь высветятся, поскольку RS-триггер с началом паузы секундного импульса вернётся в прежнее состояние. Процесс высвечивания и гашения чередуется с частотой 1 Гц. На экране ЖКИ будет наблюдаться мигание знаков температуры и десятичной точки, указывающее на необходимость зарядки аккумулятора или смены элементов питания. При использовании батареи из двух гальванических элементов порог включения следует изменить подборкой резистора R5.

Чертёж печатной платы и расположение элементов с монтажом в отверстия приведены на **рис. 2**, а на **рис. 3** — расположение элементов для поверхностного монтажа. Чертёж печатной платы и расположение элементов преобразователя приведены в [4].

ЖКИ ИЖЦ14-4/7 можно заменить любым четырёхразрядным, отображающим цифры в семисегментном формате, конечно, с учётом назначения выводов. Кварцевый резонатор — CFS-145 фирмы Citizen (маркировка на корпусе — S (логотип), далее следуют три цифры); ёмкость нагрузки — 8 пФ. Все конденсаторы и резисторы (кроме R6) — для поверхностного монтажа. C1, C2, C6, C7, R1, R2, R7 — типоразмера 1206; C3, C4, R3, R5 — 0603; R4 — 0803. Поскольку ёмкость конденсатора C5 подбирают при налаживании, он может быть составлен из нескольких, соединённых параллельно, для этого установочное место для него увеличено. ТКЕ конденсатора C5 должен быть группы МП0 (NP0). Для уменьшения времени измерения температуры датчик должен иметь как можно меньшую постоянную времени термического охлаждения τ_c (англ. thermal cooling time constant). Подойдут терморезисторы (термисторы), например, серии NXFT15 фирмы muRata (τ_c = 4 с) или B57871S (τ_c = 7,5 с), B57560G фирмы TDK (τ_c = 15 с) в миниатюрном каплеобразном корпусе.

Фотографии, иллюстрирующие конструкцию прибора, показаны на **рис. 4—рис. 6**. У автора он собран на двух платах, скреплённых через две втулки высотой 3 мм двумя винтами M2 и гайками. На второй плате установлены аккумулятор, преобразователь напряжения [3, 4] и два гнезда: DS-212 — для зарядки аккумулятора от зарядного устройства через штекер NP-130 (MP-332) и DS-313 — для подключения датчика температуры через штекер NP-116 (MP-331). Диаметры центральных штырей в гнёздах различны — 1 и 1,3 мм соответственно. Были задействованы два датчика температуры — внешний и встроенный, который постоянно контролирует температуру в помещении, а при вставке штекера от внешнего датчика автоматически отключается.

Конструктивно внешний датчик выполнен в виде щупа. Корпус щупа позаимствован от простейшей шариковой авторучки, без выталкивающего пишущий стержень механизма и укорочен до 110 мм. К выводам терморезистора припаивают тонкий экранированный провод длиной около 0,5 м марки МСЭО. Провод продевают через корпус так, чтобы терморезистор оказался со стороны "пера", и крепят в отверстии с помощью клея. Центральную жилу провода припаивают к штырю штекера NP-116 (MP-331), а оплётку — к его корпусу. Не следует укорачивать штатные выводы терморезистора, это может привести к более длительной установке показаний прибора из-за отвода тепла соединительными проводами. Для внешнего датчика желательно применить терморезисторы с коэффициентом температурной чувствительности около 4000.

При использовании двух датчиков встроенный припаивают непосредственно к выводам гнезда XS1. Если в устройстве планируется применить только один, это гнездо можно исключить.

При налаживании внешний датчик ставят в подмышечную впадину здорового человека и подбором ёмкости конденсатора C5 (или нескольких включённых параллельно) добиваются показания на индикаторе 36,6 °C. Оно может изменяться в зависимости от качества теплового контакта с телом, поэтому следует ориентироваться по максимальному значению на ЖКИ. Если приобретены терморезисторы с допуском 1 %, погрешность при работе с внутренним датчиком может возрасти на 1 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Суетин В.** Бытовой цифровой термометр. — Радио, 1991, № 10, с. 28—31.

2. **Глибин С.** Комнатный термометр с автономным питанием. — Радио, 2012, № 9, с. 53, 54.

3. **Глибин С.** Микромощный преобразователь напряжения с высоким КПД. — Радио, 2017, № 5, с. 23.

4. **Глибин С.** Микромощный преобразователь напряжения с высоким КПД. Наша консультация. Печатная плата. — Радио, 2017, № 9, с. 48.

В электромеханических таймерах, популярных в прошлом веке, например, применявшихся в стиральных машинах, микроволновых печах, об оставшемся времени заданной выдержки можно было ориентировочно судить по положению ручки управления, которой задавали программу или время выдержки. Простые электронные реле времени обычно не имеют такой функции. Чтобы повысить удобство использования электронного реле времени, в котором не предусмотрен цифровой дисплей, можно оснастить такое реле несложным узлом светодиодной индикации, который будет информировать о текущем состоянии процесса.

Схема двухдиапазонного таймера с такой индикацией показана на **рис. 1**. Устройство создавалось для эксплуатации совместно с различными аппаратами, например, зарядными устройствами, электронагревательными, осветительными приборами, электронасосами и другими, не имеющими встроенных узлов автоматики. Таймер рассчитан на управление подключённой к нему нагрузкой мощностью до 2300 Вт, питающейся напряжением 230 В переменного тока. Рабочие интервалы — 10...60 мин и 1...6 ч. Время выдержки плавно задают переменным резистором R15, диапазон выбирают переключателем SA1. При разработке этого устройства была поставлена задача обеспечить максимально возможную надёжность и использовать как можно больше невостребованных радиодеталей, хранящихся десятилетиями без применения.

На "часовой" интегральной микросхеме К176ИЕ12 (DD1) собраны задающий генератор и делитель частоты. Известно, что инверторы микросхемы, на которых собирается генератор по схеме, приведённой в книге **Бирюкова С. А.** "Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП" (М.: ДМК, 2000, с. 236), работают неустойчиво с некоторыми номиналами времязадающих R и C. Введение дополнительного инвертора на транзисторе VT3 повысило стабильность работы задающего генератора и сделало возможным его самовозбуждение при указанных на схеме параметрах времязадающей цепи.

Выдержку времени на отключение нагрузки задают переменным резистором R15 по шкале, нанесённой на корпус таймера. В положении его движка, соответствующем минимальному (нулевому) сопротивлению при разомкнутых контактах переключателя SA1, частота генератора — около 16384 Гц, выдержка — 10 мин. Если же движок установлен в положение максимального сопротивления, частота генератора понижается примерно до 2730 Гц, а выдержка возрастает до 60 мин. При замыкании контактов переключателя SA1 во времязадающую цепь включается конденсатор C7 и максимальная частота генератора уменьшается с 16384 до 2730 Гц, минимальная выдержка увеличивается до 1 ч, а максимальная — примерно до 6 ч. При таких граничных значениях для установки времени выдержки в обоих диапазонах

Двухдиапазонный таймер

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

можно пользоваться одной шкалой (только цена деления будет различаться в шесть раз). Нестабильность установленной частоты генератора в интервале комнатной температуры — около 0,4 %.

Для формирования сигнала сброса применён триггер Шмитта, собранный на транзисторах VT1, VT2. При зарядке конденсатора C1 через него протекает ток, открывающий транзисторы, и на оба входа R микросхемы DD1, а также на одноимённый вход микросхемы DD2 поступает напряжение высокого уровня. Положительную обратную связь для работы триггера создаёт резистор R7. Длительность сигнала сброса — около четырёх секунд. Этот же сигнал с помощью полевого транзистора VT5 создаёт задержку включения нагрузки после размыкания контактов кнопки SB1 ("Пуск"). Задержка подачи сетевого напряжения на нагрузку необходима для зарядки конденсатора C12 и предотвращения частых включений/выключений питания (например, из-за неисправностей в электросети), что может быть небезопасно для подключённых к розетке XS1 устройств. Резистор R1 ограничивает ток разрядки конденсатора C1 через контакты кнопки SB1, что увеличивает её срок службы.

На микросхеме DD2 собран узел индикации оставшегося времени выдержки — его (в процентах от заданного переменным резистором R15) показывают последовательно включающиеся светодиоды HL2—HL6. При зажигании HL7, свечение которого сигнализирует об истечении заданного времени, открываются транзисторы VT4, VT6. Первый из них блокирует поступление счётных импульсов на вход C микросхемы DD1, благодаря чему счётные импульсы на вход CP DD2 перестают поступать. Открытый транзистор VT6 блокирует подачу на VT7 открывающего напряжения, поступающего через резисторы R16, R18. В результате ключ на транзисторах VT7, VT8 закрывается, обмотка реле K1 обесточивается, его контакты размыкаются и питание подключённой к розетке XS1 нагрузки прекращается.

Рис. 1

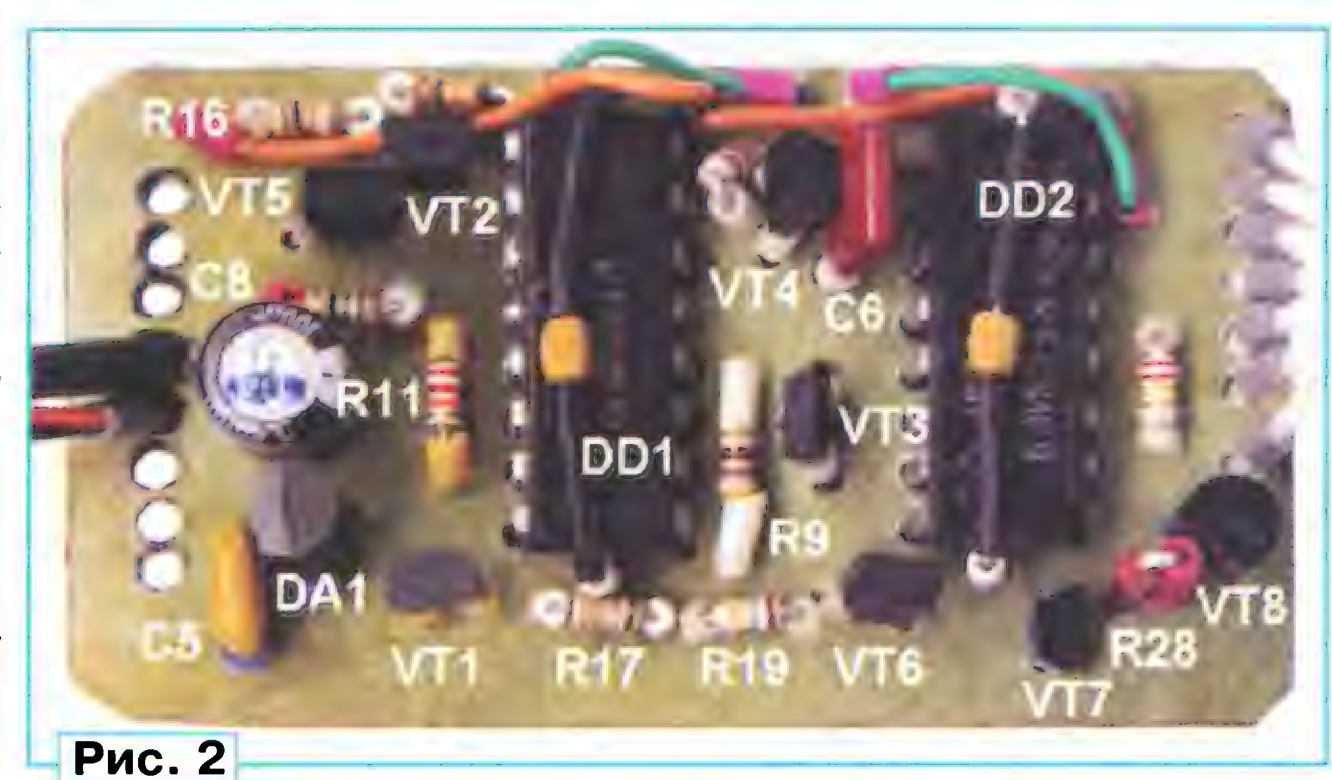


Рис. 2

Транзисторы VT7, VT8 открыты, пока на одном из выходов 0—4 микросхемы DD2 присутствует лог. 1 и закрыты транзисторы VT4, VT6. Питание на транзисторы VT7, VT8 поступает через цепь R21C12, которая уменьшает ток через обмотку реле K1, что актуально при использовании маломощного трансформатора T1. В момент открывания ключа VT7VT8 энергии, запасённой в конденсаторе C12, достаточно для быстрого и надёжного замыкания контактов реле K1, чтобы уменьшить их обгорание. Светодиод HL1 светит, когда на нагрузку подаётся питание, этот светодиод включён таким образом, чтобы не создавать дополнительную нагрузку для маломощного источника питания.

Микросхемы и узлы на транзисторах VT1—VT3 питаются стабилизированным напряжением 9 В от стабилизатора, собранного на микросхеме DA1. Понижающий трансформатор T1 подключён к сети через защитный резистор R2. На диодах VD2—VD5 собран мостовой выпрямитель переменного напряжения 12 В, конденсатор C4 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

Большинство деталей устройства размещены на монтажной плате размерами 56×32 мм (**рис. 2**), монтаж — двухсторонний навесной. Установленные на ней компоненты для поверхностного монтажа приклеены клеем БФ-19, им же проклеены критичные к замыканиям некоторые участки монтажа. Диоды выпрямительного моста и конденсатор C4 установлены на отдельной плате размерами 25×16 мм. После проверки работоспособности устройства и его настройки платы покрыты с обеих сторон цапонлаком.

Корпус размерами 155×42×36 мм склеен из двух пластмассовых заглушек от пятидюймовых отсеков системного блока ПК форм-фактора AT. К нижней стенке корпуса клеем "Квинтол" приклеены пластмассовые ножки высотой 5 мм, к верхней (изнутри) — светодиоды HL1—HL7. Вид на компоновку узлов в корпусе показан на **рис. 3**, внешний вид устройства — на **рис. 4**. Как видно, монтаж деталей и узлов очень плотный, что может затруднить повторение конструкции недостаточно опытными радиолюбителями, им я рекомендую использовать корпус и монтажную плату больших размеров.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Розетка XS1 — компактная самодельная. Состоит из двух латунных трубок внутренним диаметром 5 и длиной примерно 25 мм, отрезанных от колена телескопической радиоприёмной антенны. Для надёжного контакта со штырями вилок в трубках с противоположной стороны сделаны пропилы длиной около 21...22 мм и шириной чуть больше 1 мм в диаметрально противоположных стенках, после чего на них надеты по три-четыре равномерно распределённых по длине разрезов цилиндрических пружины из стальной проволоки (число витков пружин — 2...2,5, длина — 2,5...3 мм). Внутренний диаметр пружин и диаметр проволоки подобраны такими, чтобы стенки трубок под их действием надёжно контактировали со штырями вилок диаметром 4 мм. Таким образом, штыри любой сетевой вилки, вставленной в розетку XS1, оказываются плотно обжатыми, что почти исключает их нагрев. К трубкам припаяны многожильные провода сечением по меди 1,2 мм^2, после чего на них надеты толстые ПВХ-трубки. В таком виде стыковочные узлы розетки установлены в корпусе на расстоянии 19 мм один от другого и закреплены толстым слоем полистиролового клея (проследите за тем, чтобы он не попал внутрь трубок и в места взаимодействия с ними стягивающих пружин).

Рис. 3

Противоположные концы проводов, соединяющих розетку со штырями сетевой вилки XP1, кроме предусмотренного её конструкцией винтового соединения (которое обязательно ослабнет через несколько лет), ещё и припаяны к штырям, что уменьшает вероятность неприятностей при большом токе подключённой к прибору нагрузки. Провода, идущие внутри корпуса таймера к гнёздам розетки XS1, должны быть сложены вместе или образовывать витую пару, а идущие к переменному резистору R15 и переключателю SA1 должны быть возможно меньшей длины и экранированными.

Переменный резистор R15 — малогабаритный импортный (фирмы TELPOD) с линейной характеристикой (можно применить и отечественный СП4-1 или СП3-9а). Его металлический экран соединён с общим проводом. Защитный резистор R2 в цепи первичной обмотки трансформатора T1 — импортный, невозгораемый или разрывной. Остальные постоянные резисторы — любого типа общего применения (С1-4, С1-14, С2-23, РПМ, МЛТ и т. п.). Резистор R14 припаян к выводам переменного резистора R15, резисторы R20—R27 — к выводам соответствующих светодиодов и приклеены к корпусу устройства. Конденсаторы C1—C3, C5, C9—C11 — керамические, C6, C7 — плёночные малогабаритные (C7 припаян к контактам переключателя SA1), остальные — оксидные малогабаритные импортные.

Кнопка SB1 — мембранная без фиксации в нажатом положении, переключатель SA1 — импортный движковый малогабаритный, одноимённые контакты свободных групп подсоединены параллельно используемым, металлический корпус соединён с общим проводом (применив переключатель на три или более положений, можно увеличить число интервалов таймера).



Рис. 4

Понижающий трансформатор T1 — от музыкального центра Panasonic SA-AK28, его вторичные обмотки на 10 и 2 В соединены последовательно для получения переменного напряжения 12 В. Подойдёт любой аналогичный трансформатор с таким же напряжением на вторичной обмотке, рассчитанной на ток нагрузки от 0,1 А (например, ТПК-2-9В, ТПК-2-12В). Электромагнитное реле K1 — JQX-115F-I-012-1HS3 (номинальное напряжение — 12 В, сопротивление обмотки — 360 Ом), с двумя группами контактов, рассчитанных на коммутацию переменного тока 16 А при напряжении 250 В (одноимённые контакты групп соединены параллельно). Возможная замена этого реле — HRM3H-S-DC12V (12 В, 576 Ом).

В выпрямителе устройства (VD2—VD5) можно использовать любые диоды с прямым средним током от 300 мА и обратным напряжением не менее 50 В (КД105Б—КД105Г, КД208А, 1N4001—1N4007 и т. п). Вместо диодов PMLL4148 (VD1, VD6, VD7) можно применить PMLL4446, PMLL4448, PMLL4150, PMLL4151, PMLL4153, вместо интегрального стабилизатора напряжения 78L09 (DA1) — любой из серий ***78L09, ***78S09 в корпусе TO-92. Микросхема К561ИЕ9 заменима импортными аналогами, например, CD4022A, MC14022B.

Вместо транзисторов серии 2SC3199 (VT1, VT3, VT4, VT6, VT7) можно применить приборы серий 2SC3330, 2SC2458, SS9014, а также любые из серий BC547, КТ6111, вместо 2SA933 (VT2) — любой из 2SA1378, 2SB810, BC557, BC558, SS9015, КТ6112, вместо SS8550 (VT8) — 2SB554, 2SB1116 и любой из серий КТ684, КТ686. Маломощный полевой транзистор КП501Б (VT5) заменим любым из ZVN2120, BSS88, BSS295 и серий КП501, КП504, КП505А—КП505В. Следует учесть, что упомянутые в вариантах замен транзисторы могут иметь отличия в типе корпуса и цоколёвке. Транзистор VT1 следует подобрать с коэффициентом передачи тока базы не менее 150.

Светодиоды RL310-YG414S, RL310-HY214S и RL30-CB744D (все диаметром 3 мм и соответственно зелёного, жёлтого и синего свечения) можно заменить любыми аналогичными с повышенной светоотдачей.

Налаживание таймера начинают с подборки резистора R21. Его сопротивление должно быть таким, чтобы контакты реле K1 надёжно переключались при отсутствии конденсатора C12. Подборкой резистора R20 устанавливают ток через светодиод HL1 около 5...10 мА.

Далее к выводу 14 микросхемы DD1 через резистор сопротивлением 100 кОм подключают частотомер. Установив движок переменного резистора R15 в положение нулевого сопротивления, подборкой резистора R10 при разомкнутых контактах переключателя SA1 доводят частоту генератора до 16384 Гц. Затем переводят движок R15 в положение максимального сопротивления, и подборкой резистора R14 устанавливают частоту генератора, равную 2730 Гц. Наконец, ещё раз повернув движок R15 в положение нулевого сопротивления, подборкой конденсатора C7 при замкнутых контактах SA1 снова добиваются частоты генератора 2730 Гц. Остаётся отградуировать прибор, изготовить шкалу для переменного резистора и прибор готов.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

И снова о сенсорном выключателе...

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

У многих радиолюбителей "со стажем" сохранились запасы морально устаревших, но вполне работоспособных микросхем и других деталей. Но прямая замена ими современных элементов зачастую не даёт положительных результатов. Автор рассказывает, как он решил возникающие проблемы при повторении известных конструкций сенсорных выключателей.

Хочу вернуться к теме, которая уже не раз поднималась на страницах журнала. Это сенсорные выключатели, реагирующие на прикосновение руки к сенсорному контакту. Вообще, сенсорный выключатель — очень неплохая вещь, особенно если он малогабаритный. Его можно встроить во многие бытовые приборы и включать/выключать их прикосновением пальца к металлической детали на корпусе (иногда она может быть незаметной).

Для этого наиболее подходят сенсорные выключатели, управляемые прикосновением к одиночному сенсору. Такие конструкции, построенные на микросхемах серии К561, описаны, например, в [1] и [2]. У многих радиолюбителей до сих пор сохранились запасы функционально аналогичных, но морально устаревших микросхем серии 176. Однако попытки просто заменить ими в упомянутых конструкциях микросхемы серии К561 не привели к положительным результатам.

Недавно мне потребовалось изготовить несколько сенсорных выключателей, а в наличии были только микросхемы К176ТМ2 и К176ТМ1. Покупать специально для выключателей микросхемы К561ТМ2 не хотелось, поэтому было решено сделать выключатели на микросхемах серии К176.

Нашлось также много тринисторов КУ221Г, использовавшихся в цветных телевизорах. При проверке двух десятков таких тринисторов оказалось, что всего три из них имеют управляющий ток открывания 30...40 мА, остальные открывались током 80...150 мА. Но поскольку тринисторы КУ221Г, вероятно, есть в наличии не только у меня, было решено применить такой тринистор в сенсорном выключателе.

За основу была взята "сенсорная" часть конструкции, описанной в [1]. Силовая часть была полностью переработана, причём в разных вариантах. В зависимости от того, где будет применяться выключатель, можно выбрать транзисторный, тринисторный или симисторный варианты. Есть и вариант с использованием микросхемы К1182ПМ1, позволяющий плавно включать и выключать лампу накаливания. Чтобы управлять мощным электроприбором, выходной силовой прибор выключателя должен быть снабжён соответствующим теплоотводом. Но при коммутируемой мощности менее 100 Вт теплоотвод не обязателен.

Итак, сенсорное устройство по схеме из статьи [1] было собрано на микросхеме К176ТМ2, но не заработало. Его исследование с помощью осциллографа показало, что при прикосновении руки к сенсорному контакту импульсов на выходе формирователя импульсов на триггере DD1.1 нет, хотя на его входе присутствует наведённое телом человека переменное напряжение размахом 1,7 В. Следовательно, для переключения триггера К176ТМ2 этого мало. После добавления на входе эмиттерного повторителя на транзисторе амплитуда сигнала на входе триггера выросла почти до напряжения питания и появились импульсы на его выходе. Но чёткого переключения триггера DD1.2 в счётном режиме всё равно не было.

Была установлена интегрирующая RC-цепь с инверсного выхода триггера на его вход D для задержки этого сигнала. После этого устройство стало устойчиво работать. Как показали дальнейшие эксперименты, конденсатор из этой цепи можно вообще исключить, вполне достаточно ёмкости входа D-триггера, которая совместно с резистором обеспечивает необходимую задержку сигнала.

Получившаяся схема сенсорной части этого варианта выключателя представлена на **рис. 1** (слева от штрихпунктирной линии). Хочу особо отметить, что в моей конструкции при подключении резистора R5 к инверсному выходу (выводу 2) триггера DD1.2 выключатель работал неустойчиво.

В качестве замены транзистора КТ312Б подойдёт любой маломощный транзистор структуры n-p-n, например, серий КТ312, КТ315, КТ3102.

Теперь о силовой части этого варианта выключателя (на рис. 1 справа от штрихпунктирной линии). Как было упомянуто выше, управляющий ток, необходимый для открывания тринистора КУ221Г, может достигать 130...150 мА. Но в рассматриваемом случае он течёт через коммутируемую лампу EL1, резистор R7 и составной транзистор VT2—VT4 и не нагружает параметрический стабилизатор на стабилитроне VD3, питающий лишь транзистор VT1 и микросхему DD1. Благодаря этому сопротивление резистора R6 может быть довольно большим. Рассеиваемая им мощность не превышает 0,5 Вт.

Составной транзистор применён для управления тринистором по причине того, что высоковольтные транзисторы 13001 имеют коэффициент передачи тока базы не более 40. Использование в нём трёх транзисторов — не перестраховка. При двух транзисторах для надёжного открывания тринистора VS1 приходилось уменьшать сопротивление резистора R5 до 1 кОм. Это не только перегружало выход триггера, но и требовало уменьшить сопротивление резистора R6 до 62 кОм и увеличивать его мощность до 1 Вт.

В следующий вариант выключателя были внесены изменения, необходимые для использования в нём микросхемы К176ТМ1, а его силовая часть была построена на симисторе ВТ134-600. Схема этого варианта изображена на **рис. 2**.

Здесь на триггере DD1.1 собран одновибратор. Поэтому принцип управления выключателем стал другим. Рассмотренный выше выключатель на микросхеме К561ТМ2 переходит в противоположное состояние в момент прикосновения к сенсору E1, дальнейшее удержание пальца на нём роли не игра-

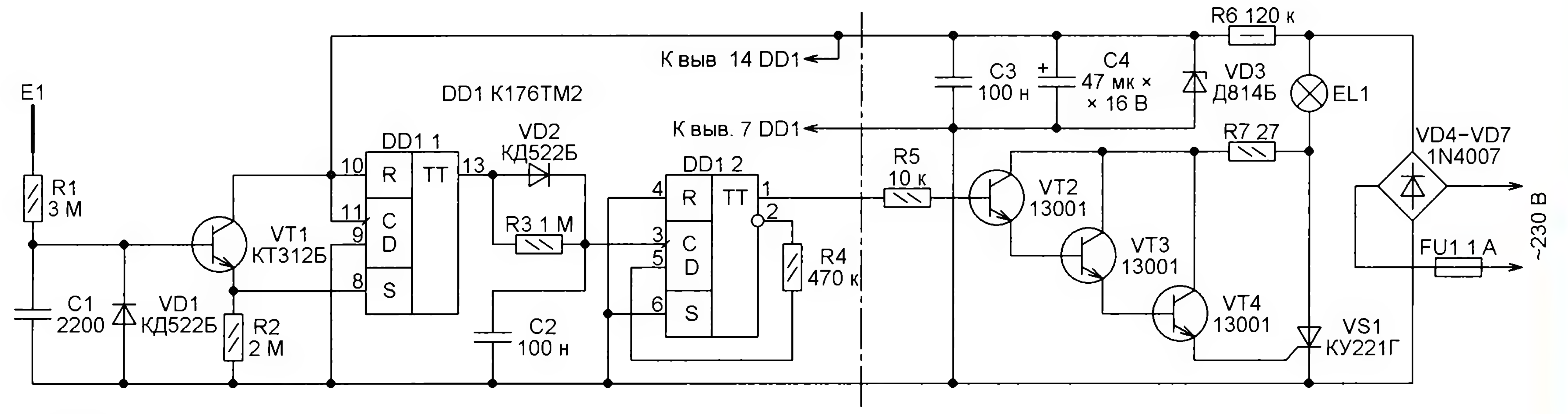


Рис. 1

ет. В варианте с одновибратором прикосновение к сенсору для перевода выключателя в противоположное состояние должно быть коротким. Если же задержать палец на сенсоре, то через некоторое время, зависящее от ёмкости конденсатора C2, одновибратор сформирует следующий импульс, затем ещё один и так далее. Каждый из этих импульсов будет переключать триггер DD1.2. Считать это недостатком нельзя, подобный алгоритм реализован, например, в микросхеме K145АП2. Там короткие касания сенсора включают и выключают лампу, а удержание пальца на сенсоре приводит к уменьшению или увеличению яркости её свечения.

Понятно, что в этом варианте выключателя может работать и микросхема K176TM2, если входы S её триггеров (выводы 6 и 8) соединить с общим проводом. Хотя в этом случае импульсы на выходе одновибратора на триггере DD1.1 имеют крутые перепады, без задержки сигнала, поступающего с инверсного выхода триггера DD1.2 на его вход D, обойтись не удалось. Зато необходимую задержку в этом случае вносит входная ёмкость силовой части выключателя. Именно поэтому резистор R4 подключён к инверсному (вывод 2), а не к прямому выходу триггера.

Этот вариант сенсорной части выключателя наиболее универсален, поскольку в нём работают как микросхемы K176TM1 и K176TM2, так и K561TM2. В последнем случае можно отказаться от эмиттерного повторителя на транзисторе VT1.

Теперь подробнее о предлагаемых вариантах силовой части. Вариант с тринистором, представленный на рис. 1, подробно описан ранее. Понятно, что вместо КУ221Г можно применить любой другой тринистор с допустимым напряжением в закрытом состоянии не менее 400 В и допустимым током в открытом состоянии, не меньшим, чем ток коммутируемой нагрузки. При применении более чувствительного тринистора можно увеличить сопротивление резистора R7 вплоть до нескольких килоом. Возможно, в этом случае удастся убрать один из транзисторов VT2—VT4.

При монтаже обязательно проверяйте назначение выводов транзисторов 13001, оно бывает различным. Вместо диодов КД522Б можно использовать КД522А или любые другие маломощные кремниевые диоды. Диоды 1N4007 заменяются любыми выпрямительными диодами с обратным напряжением не менее 400 В и допустимым прямым током, не меньшим тока нагрузки. Допускается использовать и выпрямительные мосты с соответствующими параметрами, например, КЦ402 с индексами А—Г, Ж, И, КЦ405 с такими же индексами или импортные мосты 2W10M, BR810, RC207. Вместо стабилитрона Д814Б можно установить любой другой с напряжением стабилизации 7...9 В, например, Д814А или 1N4737A, 1N4787A, 1N4797A.

Для коммутации мощной нагрузки этот вариант не совсем удобен, поскольку, кроме применения более мощного тринистора с теплоотводом, потребуются и более мощные выпрямительные диоды тоже с теплоотводами.

Если планируется управлять только энергосберегающей или светодиодной лампой мощностью не более 15...20 Вт или лампой накаливания мощностью не более 60...75 Вт, можно вообще исключить тринистор, а транзистор VT4 13001 заменить более мощным 13003. При этом теплоотвод не потребуется. Но превышать указанные выше значения мощности нельзя. Во время экспериментов транзистор 13003 мгновенно сгорел от пускового тока лампы накаливания мощностью 150 Вт (около 10 А). Такой же транзистор сгорел при включении энергосберегающей лампы мощностью 30 Вт.

Выключатель с вариантом силовой части, изображённым на рис. 2, благодаря применению чувствительного симистора BT134-600 имеет наименьшее число деталей и небольшие габариты. В нём могут быть применены и другие симисторы с малым током открывания, например, BT136-600, BTA06-600, BTA10-600 и другие. Если использовать симистор КУ208Г, то желательно выбрать его экземпляр с наименьшим током открывания.

При токе открывания более 5...10 мА придётся уменьшать сопротивление резистора R5 в цепи управляющего электрода симистора. А если напряжение питания микросхемы DD1 при открытом симисторе будет падать ниже 3 В, следует увеличить ёмкость конденсатора C5. При этом нельзя забывать и о коэффициенте передачи тока базы транзистора VT2, управляющего симистором. Он не должен быть меньше 150...200.

Диод КД105Б может быть заменён таким же, но с другим буквенным индексом или любым выпрямительным диодом с допустимым обратным напряжением не менее 400 В и допустимым выпрямленным током не менее 0,1 А. О замене диодов КД522Б и стабилитрона Д814Б было сказано выше.

Этот вариант силовой части выключателя наиболее подходит для управления мощной нагрузкой. Поэтому убедитесь, что применяемый симистор рассчитан на потребляемый нагрузкой ток, и при необходимости установите его на теплоотвод с достаточной площадью поверхности рассеивания.

Если планируется использовать выключатель для управления обычной лампой накаливания, лучше собрать его силовую часть на микросхеме фазового регулятора K1182ПМ1. Она специально предназначена для плавного включения и выключения ламп накаливания, а также регулировки их яркости. Плавное включение продлит жизнь лампе, а плавное выключение добавит комфорта при пользовании светильником. Схема этого варианта силовой части выключателя представлена на **рис. 3**.

Подробное описание фазового регулятора K1182ПМ1 имеется в [3] и [4]. Конечно, он может и напрямую управлять лампой (допустимый ток — 1,2 А), но если она слишком мощная, микросхема может сгореть (пусковой ток лампы накаливания в несколько раз больше рабочего). Поэтому для повышения надёжности в рассматриваемый вариант силовой части выключателя добавлен симистор VS1. Он может быть любым, главное, чтобы открывающий ток управления им не превышал 1,2 А. Чем больше этот ток, тем меньше должно быть сопротивление резистора R4, вплоть до полного его исключения.

Здесь можно использовать и симистор КУ208Г, причём его подборка по току открывания не обязательна, но потребуется уменьшить сопротивление резистора R4 до 470 Ом. Более подробно о выборе симистора можно прочитать в [5].

Несколько слов о резисторе R5. Для мощных симисторов, в том числе и КУ208Г, он не нужен. А вот при применении импортных симисторов с малым

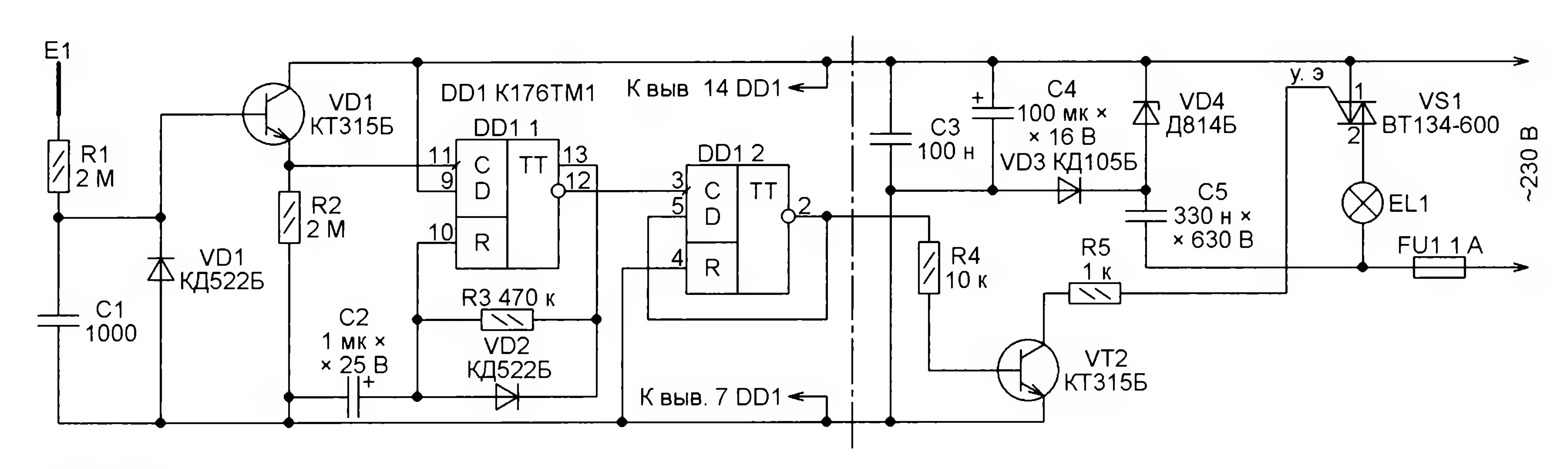


Рис. 2

током открывания (например, серии BT134) обойтись без него не удастся — симистор будет открываться и при отсутствии разрешающего сигнала. Вероятно, у микросхемы К118ПМ1 ток утечки в закрытом состоянии сопоставим с током открывания этих симисторов.

Чтобы определить нужное сопротивление резистора R5, необходимо вместо него временно установить переменный резистор сопротивлением 1 кОм. Затем соединить выводы 6 и 3 микросхемы К118ПМ1 и уменьшать сопротивление переменного резистора, пока лампа EL1 не погаснет. После этого измерить введённое сопротивление переменного резистора и заменить его постоянным резистором ближайшего (в меньшую сторону) номинала.

мости от экземпляра микросхемы К1182ПМ1, может лежать в пределах 82...510 кОм. Подбирают его экспериментально, глядя на показания подключённого параллельно лампе вольтметра, измеряющего истинное действующее значение переменного напряжения. Её яркость, конечно, немного снизится, но срок службы увеличится значительно. Если вместо этого постоянного резистора применить переменный, получим сенсорный выключатель с регулировкой яркости.

Выключатель с тринистором или симистором может стать источником помех, поэтому необходимо включить последовательно с ним помехоподавляющий дроссель, содержащий пять слоёв обмоточного провода диаметром 0,6...0,7 мм, намотанных виток к витку

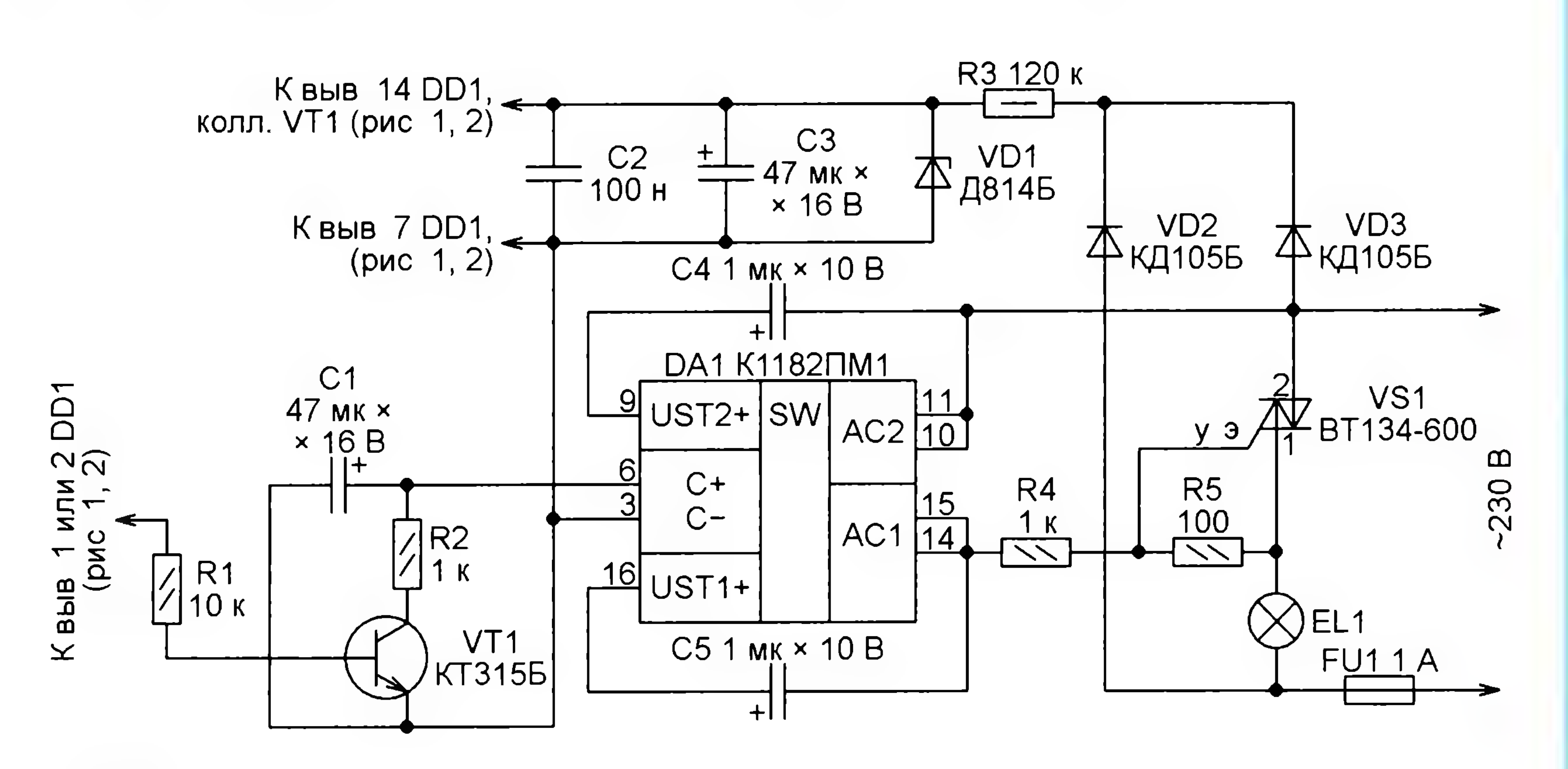


Рис. 3

После подборки резистора R5 необходимо убедиться, что в "разомкнутом" состоянии выключателя симистор полностью закрыт, а напряжение на лампе EL1 отсутствует. Дело в том, что при слишком большом сопротивлении резистора R2 на лампу EL1 может поступать напряжение, даже когда транзистор VT1 полностью открыт. Если это напряжение меньше, чем необходимо для свечения лампы, вы даже не будете знать, что в выключенном состоянии ваша настольная лампа потребляет ток, возможно, и не маленький. Для устранения этого дефекта сопротивление резистора R2 необходимо уменьшать.

Нелишне будет измерить напряжение на лампе и при "замкнутом" выключателе. Оно должно быть меньше напряжения в сети не более чем на 2...3 В. Если оно меньше на пять и более вольт, значит, конденсатор C1 имеет большой ток утечки, и его необходимо заменить.

Для существенного увеличения срока службы лампы накаливания нужно выполнить два условия. Во-первых, её включение должно продолжаться не менее 2...3 с. Это время устанавливают подборкой ёмкости конденсатора C1. Чем она больше, тем медленнее включается лампа. Во-вторых, питать лампу нужно напряжением 210...215 В, если это допустимо по условиям освещения. Для ограничения максимального напряжения параллельно конденсатору C1 подключите не показанный на схеме резистор. Его сопротивление, в зависи-

на ферритовом стержне диаметром 8...10 мм и длиной 25...30 мм.

Все предложенные варианты сенсорных и силовых частей выключателей взаимозаменяемы и стыкуются между собой. Необходимый вариант может быть выбран в зависимости от наличия деталей и мощности нагрузки, а также по принципу управления выключателем.

Поскольку устройство имеет гальваническую связь с сетью, во время налаживания следует соблюдать осторожность, все изменения производить только после его отключения от сети. Желательно во время налаживания устройства питать его через развязывающий трансформатор. Это обезопасит и от ударов электрическим током, и от повреждения деталей при случайных замыканиях на заземлённые предметы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ерофеев Б.** Экономичный сенсорный выключатель освещения. — Радио, 2001, № 10, с. 29, 30.

2. **Куцев М.** Сенсорный выключатель. — Радио, 1999, № 7, с. 50.

3. **Габов С.** Автомат управления освещением. — Радио, 2003, № 11, с. 43.

4. **Нечаев И.** Регуляторы мощности на микросхеме КР1182ПМ1. — Радио, 2000, № 3, с. 53, 54.

5. **Немич А.** Микросхема КР1182ПМ1 — фазовый регулятор мощности. — Радио, 1999, № 7, с. 44—46; 2000, № 9, с. 46.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

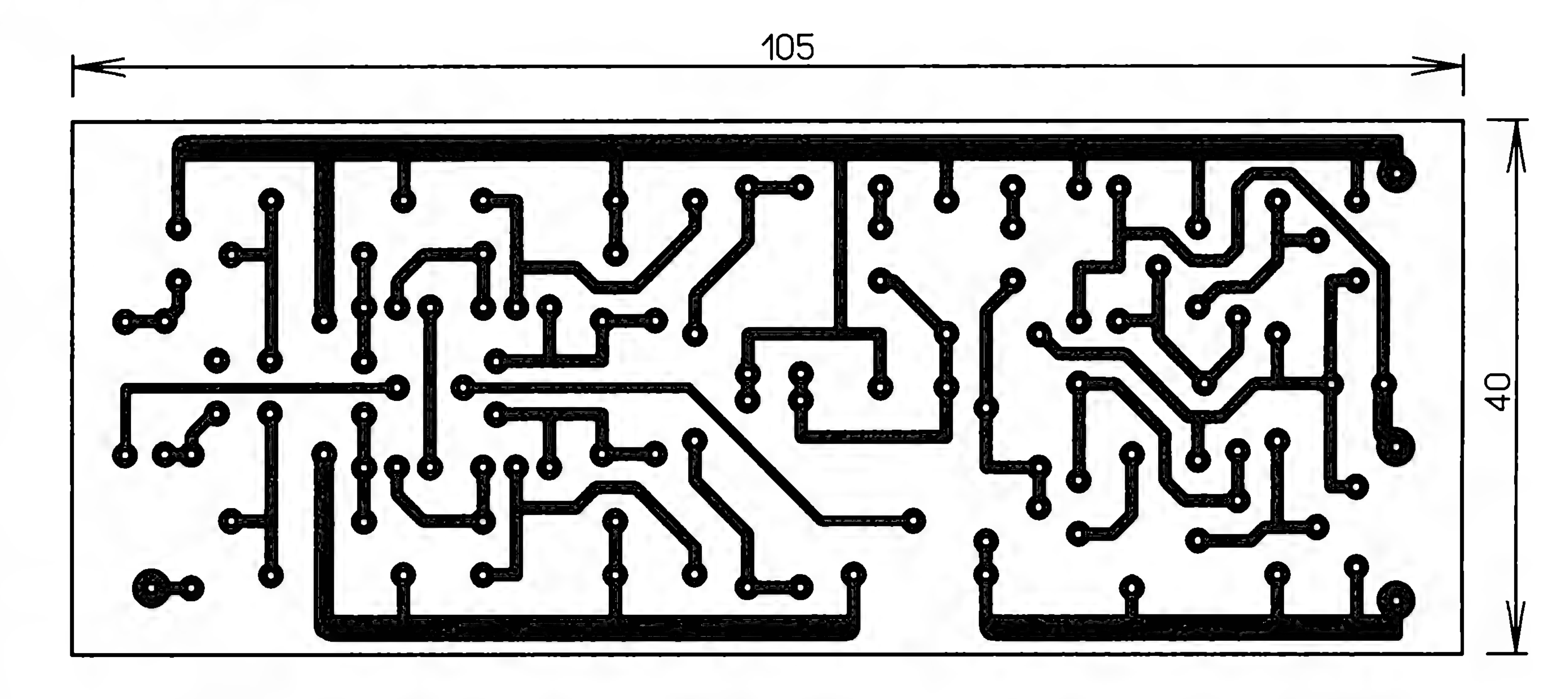
РУБЦОВ В. Радиоприёмник прямого усиления СВ-диапазона. — Радио, 2017, № 10, с. 54, 55.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства и расположение элементов, кроме магнитной антенны WA1, конденсатора переменной ёмкости C3, переменного резистора R14 и динамической головки BA1, приведены на **рис. 1**.

Плата рассчитана на установку типов элементов, указанных в статье. Для изменения порога срабатывания и глубины АРУ, согласно рекомендации автора, постоянный резистор R13 на плате заменён подстроечным. Подойдёт резистор, например, типа СП3-38б.

*От редакции. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/rp.zip** на нашем FTP-сервере.*



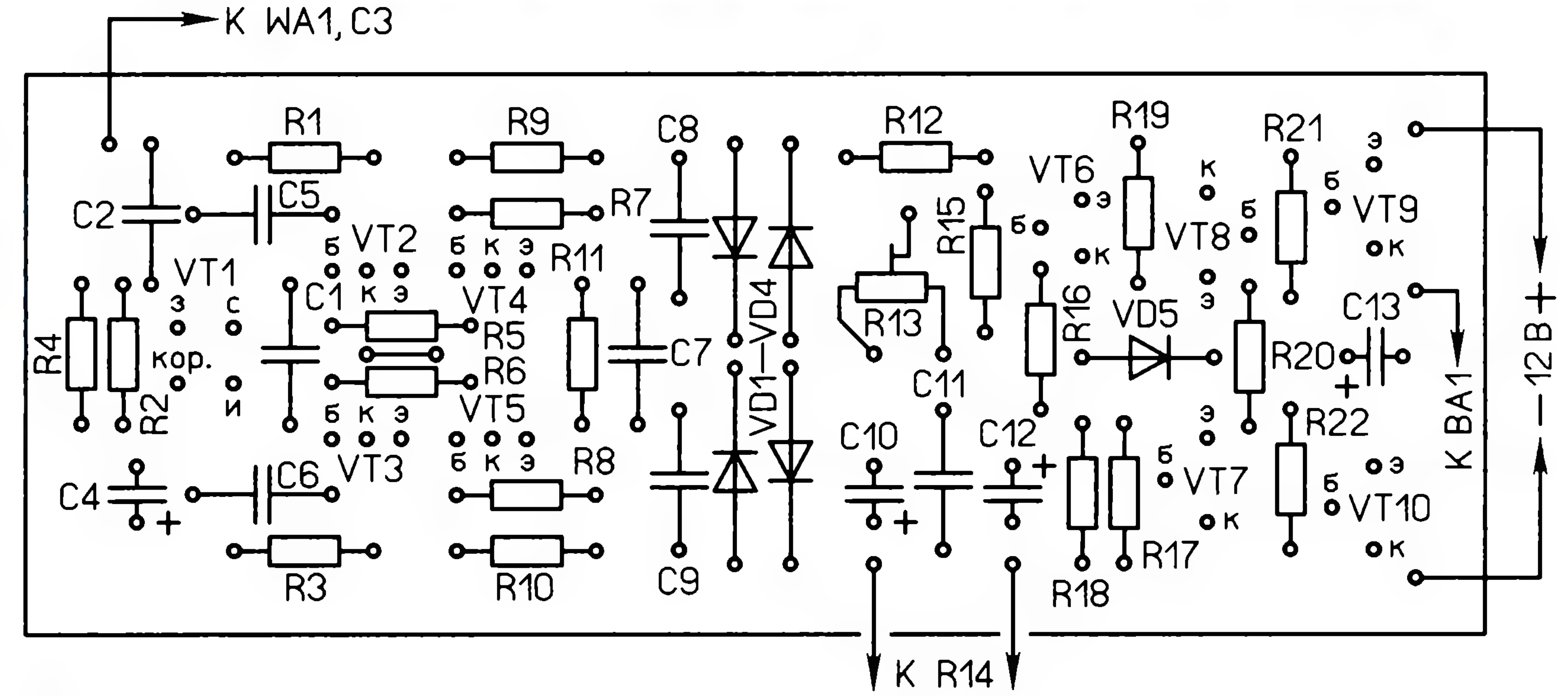


Рис. 1

ДЕПАРМА А. Маломощный импульсный источник питания. — Радио, 2010, № 5, с. 19, 20.

Печатная плата.

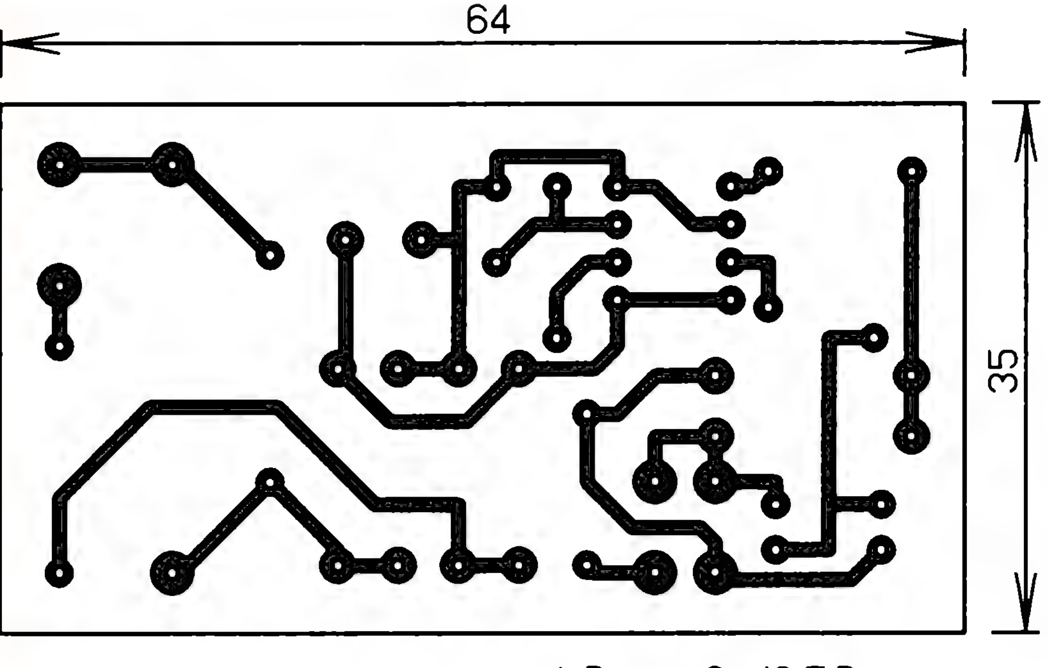
Чертёж печатной платы устройства и расположение элементов приведены на **рис. 2**. Плата рассчитана на установку типов элементов, указанных на схеме и предназначенных для монтажа в отверстия.

*От редакции. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/mm_ip.zip** на нашем FTP-сервере.*

МОСКАТОВ Е. Миниатюрный импульсный источник питания. — Радио, 2010, № 5, с. 20.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства и расположение элементов с учётом исправления (см. "Радио", 2011, № 1, с. 63) приведены на **рис. 3**. Плата рассчитана на установку типов элементов, указанных на схеме и предназначенных для монтажа в отверстия. Плавкая вставка FU1 установлена в держатели на плату — NF004 (ZH266, FC-001S) 5×20.



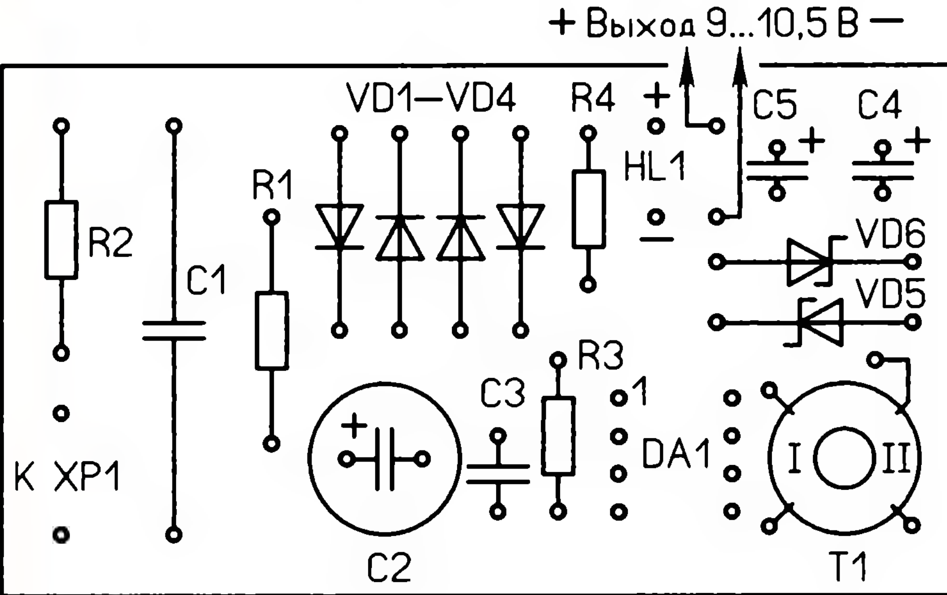
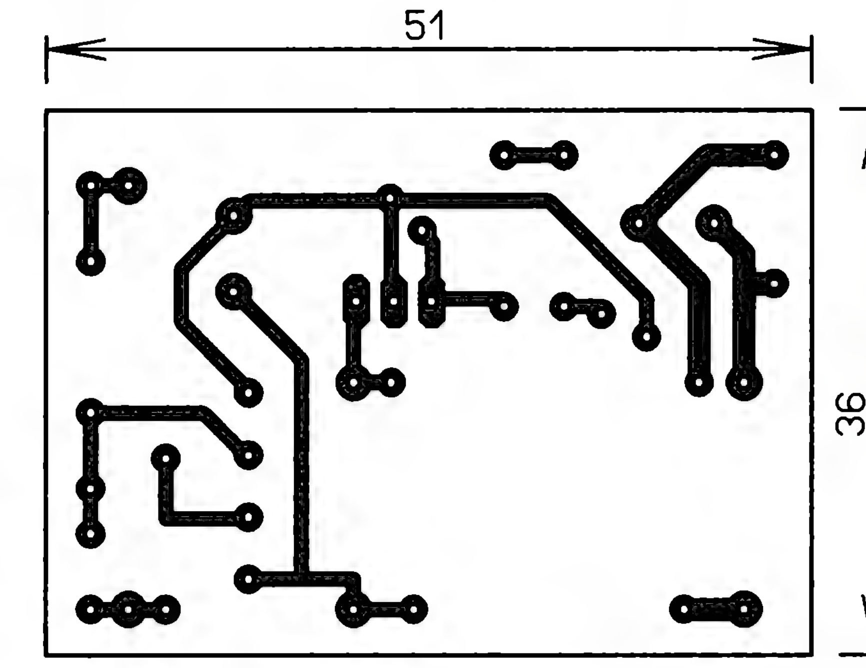


Рис. 2



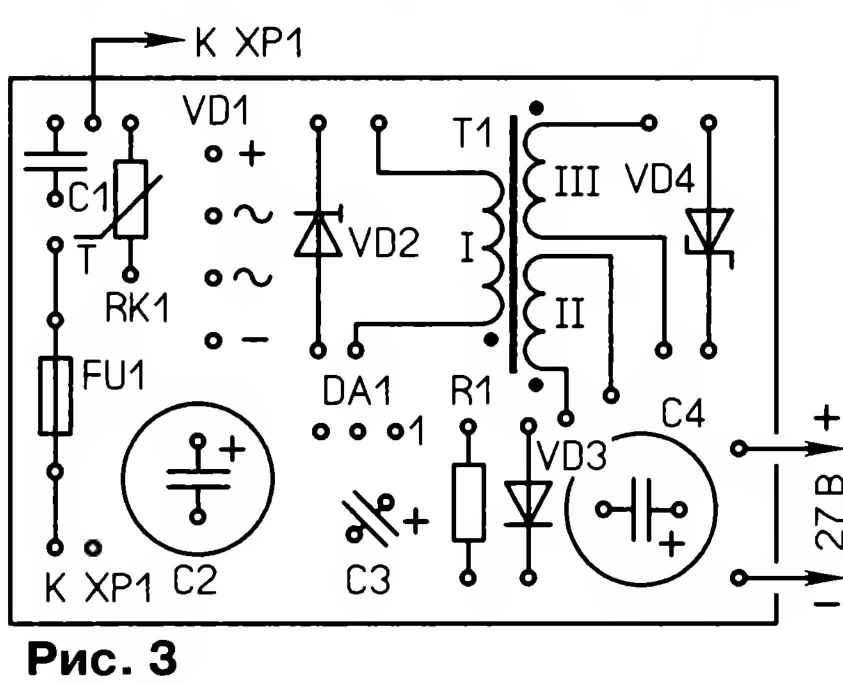


Рис. 3

*От редакции. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/min_ip.zip** на нашем FTP-сервере.*

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

ГЕТТЕ А. Кодовый замок с четырьмя миллиардами комбинаций. — Радио, 2017, № 8, с. 56.

О ссылке на статью.

В первом предложении статьи: "Ранее опубликованная конструкция (Гетте А. "Кодовый замок на микроконтроллере PIC16F628A." — Радио, 2015, № 2, с. 45, 46) получила новые возможности ..." вместо № 2 (номер журнала) следует читать № 12.

Тренажёр-игрушка алфавит "Павлин"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Тренажёр, описание конструкции которого приведено далее, позволяет закрепить первичные навыки чтения в игровой форме. Её основой является механическое табло (**рис. 1**). По командам программы металлическая стрелка указывает последовательность букв, из которых читающий составляет слова или короткие фразы.

Схема устройства показана на **рис. 2**. После подачи питающего напряжения, кратковременно нажимая на кнопку SB2 "Выбор слова", мы случайным образом выбираем заготовленную фразу из заранее созданного массива. Исполняющим устройством игрушки является сервопривод SG90, управляет которым плата Arduino Uno. Для обеспечения устойчивой работы устройства применено раздельное питание платы и сервопривода. Для питания Arduino Uno использована батарея типоразмера 6F22 ("Крона", "Корунд" или аналогичная с выходным током до 40 мА). Сервопривод подключён к батарее из четырёх гальванических элементов типоразмера АА.

Рассмотрим работу программы (скетча). В её начале находится таблица соответствия угла поворота стрелки и длительности (в микросекундах) управляющего позиционированием импульса. Его возможные значения заключены между 540 мкс (пробел или "Другой") и 2235 мкс (буква "А"). Каждой букве соответствует свой угол поворота коромысла сервопривода в интервале от 0 до 180 градусов. Длительность пауз между импульсами не критична и может изменяться от 15 до 25 мс (15000—25000 мкс). В данной программе установлена длительность 20 мс, за вычетом длительности управляющего импульса. Под буквы и пробел выделены 33 угловых сектора на бумажной фальшьпанели алфавита.

Ниже, в программе находится массив данных (имя **tabl**), в котором можно хранить короткие слова и словосочетания в форме длительностей импульсов. Массив содержит сто элементов типа int, разделённых в десять строк, по десять символов в каждом. Первая строка, например, содержит слово "привет" и четыре пробела:

int tabl[10][10]={540,1410,1355, 1795,2130,1960,1245,540,540,540,

Далее вводятся три переменные **x**, **y** и **i** типа int. Первая указывает строки массива, вторая перебирает в цикле его столбцы. Значение **i** определяет длительность удержания угла поворота сервопривода, т. е. длительность индикации текущей буквы слова. В следующих двух строках определяется вывод 7 платы как выход — **pinMode(7,OUTPUT);**, и его начальное состояние как логический ноль — **digitalWrite(7,LOW);**. Затем определяется вывод 12 как вход — **pinMode(12,INPUT);**.

В основном цикле скетча void loop() производятся проверка состояния контактов кнопки SB2, случайный выбор слов или фраз при нажатии на неё, последовательная индикация букв в заданном темпе и ожидание повторного нажатия на кнопку. При условии, что на выводе 12 присутствует высокий логический уровень — **if (digitalRead (12)==HIGH)**, переменной **x** присваивается случайное значение от 0 до 9, переменной **y** — значение 0, и выдерживается пауза в 50 мс — **{x=random (0,10);y=0;delay(50);}**. Таким образом, программа готова считывать из массива выпавшую фразу. Если чтение уже произошло, строка **if(y>=10){goto metka;}** возвращает её выполнение на строку **metka:**, и программа ждёт повторного нажатия на кнопку для воспроизведения на табло другого словосочетания.

В заключительной части скетча в цикле из 75 повторений на выходе 7 формируются управляющие импульсы

Рис. 1



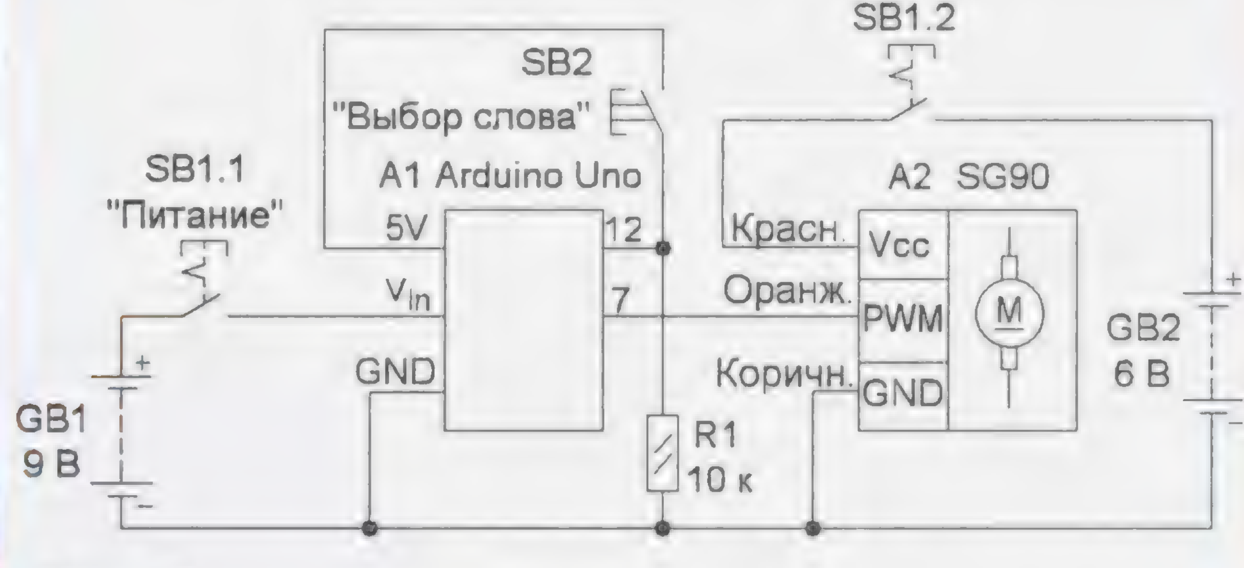


Рис. 2

с требуемой для индикации конкретной буквы длительностью и выполняется пауза. Их суммарная продолжительность составляет 20 мс. За счёт 75 повторов задаётся продолжительность индикации одной буквы (20×75 = 1500 мс = 1,5 с). Далее переменная **у** увеличивает своё значение на единицу, и происходит переход к чтению из массива следующей буквы.

В устройстве можно применить постоянный резистор любого типа, выключатель питания — переключатель любого типа на два положения и два направления, кнопка SB2 — с самовозвратом любого типа, например КМ1-1.

Основание шкалы (рис. 1) изготовлено из листа пластмассы 1 толщиной 2...3 мм в форме полукруга радиусом 7...8 см. В центре имеется прямоугольный вырез для сервопривода 6. Его крепят с помощью миниатюрного винта-самореза, входящего в комплект. С обратной стороны основания, напротив центральной части алфавита, приклеена прямоугольная пластмассовая пластина. Она и дно сервопривода образуют опорные точки шкалы для её размещения на лицевой панели корпуса с помощью клея. Шкала-алфавит 2 — бумажная, напечатана с помощью компьютера на принтере. Её прикрепляют к основанию отрезками липкой ленты. Стрелка-указатель 3 сделана из отрезка стальной проволоки диаметром 1...2 мм и длиной 50...60 мм. Она крепится с помощью "секундного" клея к внутренней поверхности коромысла 5 сервопривода 6. К стрелке, в свою очередь, прикреплена декоративная картинка 4 на картонном основании. Для её фиксации можно применить термоклей.

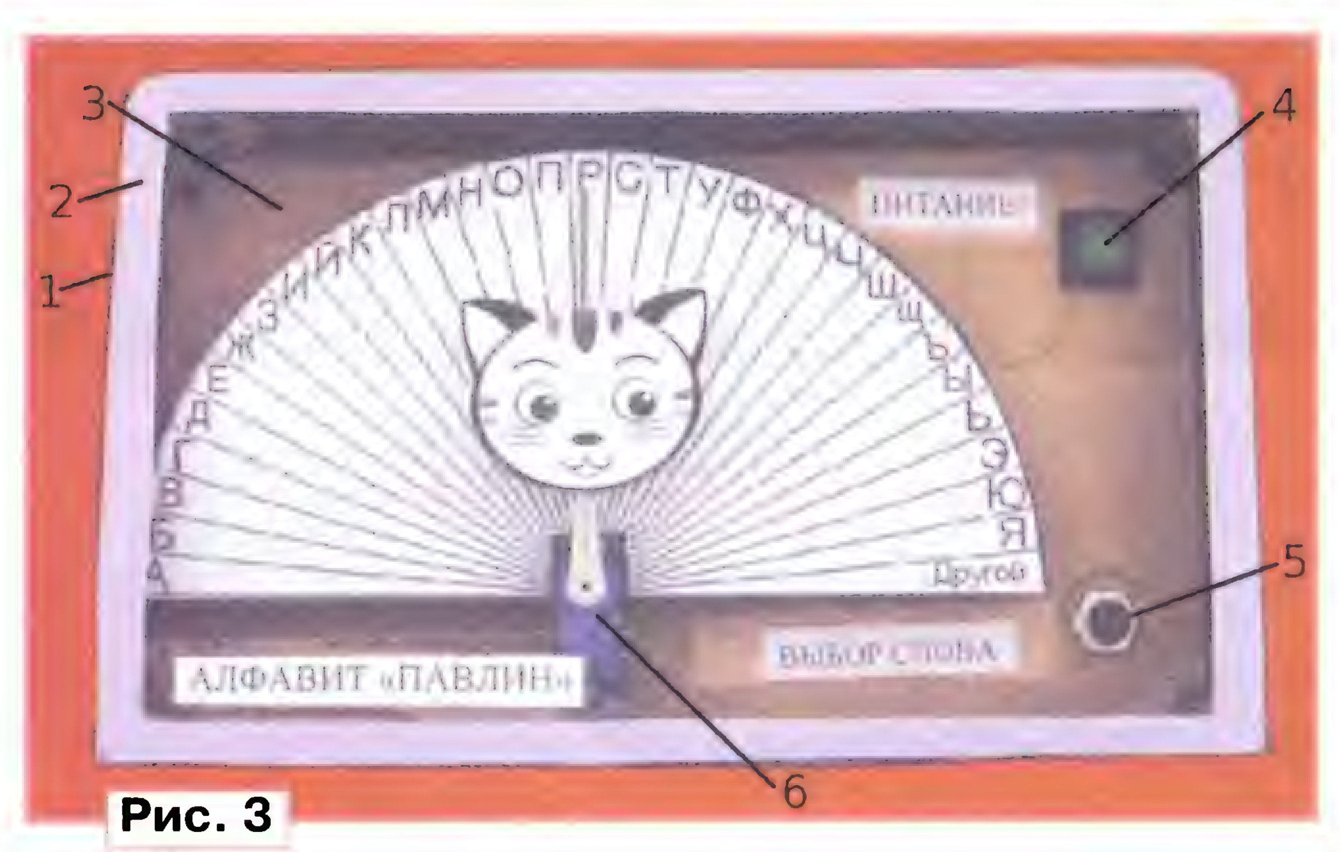


Рис. 3

Все узлы устройства (**рис. 3**) размещены внутри пластмассового корпуса-футляра 1 подходящего размера. Лицевая стенка 3 изготовлена из отрезка ДВП и утоплена внутрь корпуса на высоту сервопривода 6. На ней расположены табло, кнопочный выключатель питания 4 на две группы контактов и кнопка 5 (SB2). Напротив декоративной картинки в стенке 3 просверлено отверстие, в которое пропущен шлейф проводов сервопривода. Информационные надписи напечатаны на бумаге и зафиксированы на поверхностях с помощью полосок прозрачной липкой ленты. Во время хранения футляр закрывают от пыли прозрачной тонкой пластиковой крышкой 2. Она согнута из листовых фрагментов от упаковки хозтоваров. Внутри по её краю наклеен бумажный кант.

Налаживание сводится к регулировке углов поворота качалки-коромысла сервопривода до совпадения расположения конца стрелки и нужной буквы алфавита. Для этого вместо фраз в массив данных следует записать подряд все буквы алфавита и, варьируя числовые значения длительностей импульсов, подобрать требуемый для каждой буквы угол поворота стрелки. Это удобнее сделать на макете, до окончательной сборки тренажёра.

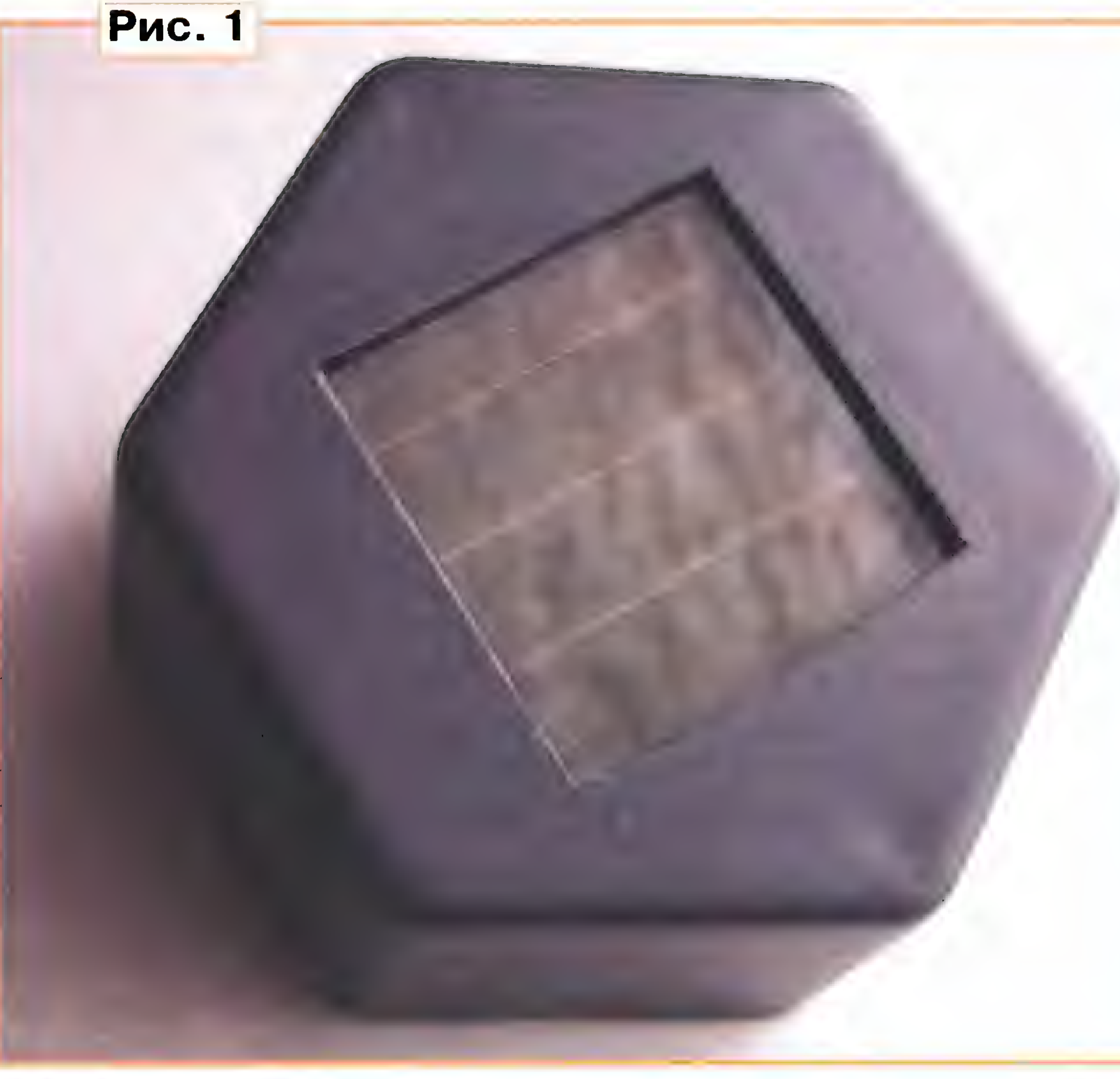
***От редакции**. Программа для Arduino Uno находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/10/alfavit.zip** на нашем FTP-сервере.*

Сигнализатор необходимости полива комнатных растений

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В некоторых случаях может быть полезен сигнализатор полива комнатных растений, который подаёт сигнал, если влажность почвы в цветочном горшке станет меньше заранее установленной. Это позволит вовремя полить растение. В большинстве случаев простейшие сигнализаторы влажности почвы строят на основе резистивных (покупных или самодельных) датчиков влажности, сопротивление которых зависит от влажности почвы. Чем больше влажность, тем меньше сопротивление датчика. Такой сигнализатор нетрудно изготовить самостоятельно, например, описанный в [1]. Для автоматизации полива можно изготовить и различные устройства-автоматы [2—4].

Рис. 1



Время включения автомата не имеет принципиального значения, он может поливать и ночью, но если в это время сигнализатор подаст звуковой сигнал, это, конечно, мягко говоря, не совсем приятно. Чтобы исключить такую ситуацию, сигнализатор необходимо оснастить датчиком освещённости. С другой стороны, для контроля влажности почвы может потребоваться не один сигнализатор, поэтому его конструкция должна быть простой, а стоимость невысока. Описание именно такого устройства приводится далее.

Чтобы упростить изготовление сигнализатора, за основу был взят малогабаритный светодиодный газонный светильник с солнечной батареей и аккумулятором (**рис. 1**). Обусловлено это рядом причин. Во-первых, у него небольшой и удобный корпус; во-вторых, у него есть аккумулятор, который можно использовать как источник питания для будущего устройства; в-третьих — есть

солнечная батарея, которая может выполнять две функции: датчика освещённости и источника напряжения для подзарядки аккумулятора. В-четвёртых — есть повышающий преобразователь напряжения на специализированной микросхеме YX8018, который можно использовать для питания сигнализатора и одновременно как пороговое устройство. В-пятых, у него есть движковый выключатель питания, что позволит отключить сигнализатор, например, во время хранения. Основные элементы газонного светильника размещены на печатной плате (в том числе и малогабаритный дисковый Ni-Cd аккумулятор ёмкостью 40 мА·ч), закреплённой на нижней крышке корпуса с помощью пластмассовых зажимов-фиксаторов (**рис. 2**). В верхней части корпуса установлена солнечная батарея (см. рис. 1).

Схема сигнализатора показана на **рис. 3**. Все изменения на плате газонного светильника выделены красным цветом. Принцип работы сигнализатора основан на изменении сопротивления датчика E1, размещённого в почве, в зависимости от её влажности. Использовано также свойство преобразователя напряжения DA1 — он включается и выключается в зависимости от напряжения на его управляющем входе CE (вывод 3) [5, 6]. На микросхеме DD1 собран генератор ЗЧ, который нагружен на пьезокерамический акустический излучатель HA1. На элементе DD1.2 собран генератор импульсов с частотой следования 1...2 кГц, а на элементе DD1.1 — аналогичный генератор с частотой следования импульсов в доли герца. В результате на выходе элемента DD1.2 формируются пачки импульсов с частотой 1...2 кГц. Эти импульсы последовательно инвертируются элементами DD1.3 и DD1.4. Противофазные сигналы с выходов этих элементов поступают на акустический излучатель HA1, что увеличивает громкость его звучания.


Рис. 2

После включения питания напряжение аккумулятора поступает на плату светильника. В тёмное время суток напряжение на солнечной батарее отсутствует, поэтому полевой транзистор VT1 закрыт и преобразователь обесточен. В светлое время суток на солнечной батарее появляется напряжение, которое открывает полевой транзистор, и на преобразователь поступает напряжение аккумулятора. Одновременно через диоды VD1 и VD2 напряжение солнечной батареи поступает на аккумулятор и происходит его зарядка. В зависимости от освещённости ток зарядки будет различен, но невелик, не более нескольких миллиампер. Причём зарядка аккумулятора происходит и при разомкнутых контактах выключателя питания. Перезарядки аккумулятора не произойдёт, поскольку максимальное напряжение солнечной батареи — 2,5 В, а на диодах VD1 и VD2 падает 1,2...1,3 В.

Если почва влажная, сопротивление датчика E1 мало и напряжение на управляющем входе CE преобразователя DA1 не превышает 0,7...0,8 В и он не включён. Поэтому на микросхему DD1 поступает напряжение, недостаточное для работы генератора, и звукового сигнала нет. По мере высыхания почвы сопротивление датчика E1 растёт, и когда напряжение на нём превысит указанное выше значение, преобразователь включится. Импульсы повышенного напряжения, которые формируются на его выходе L_x, выпрямляет диод VD3, а пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C3. Стабилитрон VD4 ограничивает выпрямленное напряжение, а за счёт этого ограничивается и амплитуда импульсов. Начнёт работать генератор ЗЧ, и зазвучит прерывистый сигнал, свидетельствующий о необходимости полить растение.

Чувствительность (порог включения) сигнализатора устанавливают с помощью подстроечного резистора R2. Установка резистора R1 необязательна, но может понадобиться, если конструкция датчика E1 будет такой, что его сопротивление во влажной почве окажется слишком велико. В этом случае будет не нужен резистор R2. Подстроечный резистор с помощью термоклея крепят на верхней части корпуса светильника. Частоту сигнала генератора ЗЧ можно изменить подборкой элементов R4, C5, а период следования — подборкой элементов R3, C4. Желательно, чтобы на датчике было небольшое напряжение и через него протекал бы небольшой ток. В этом устройстве напряжение на датчике не превышает

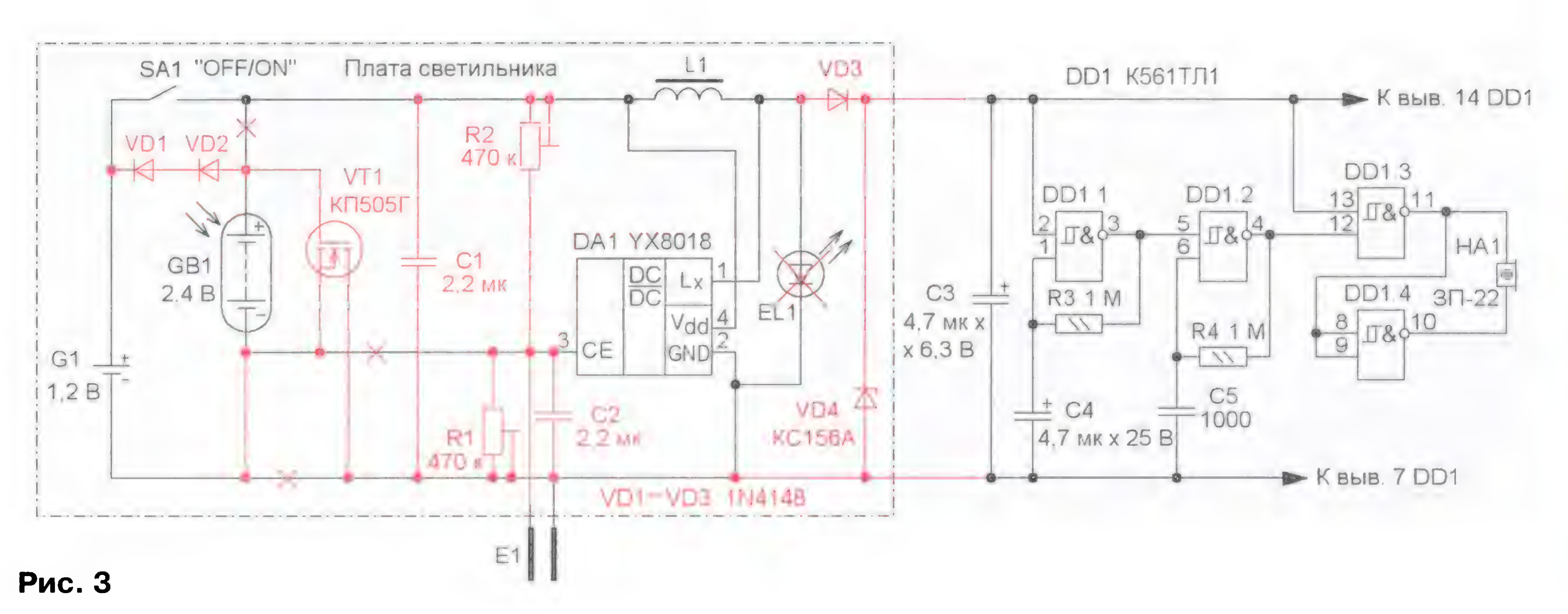


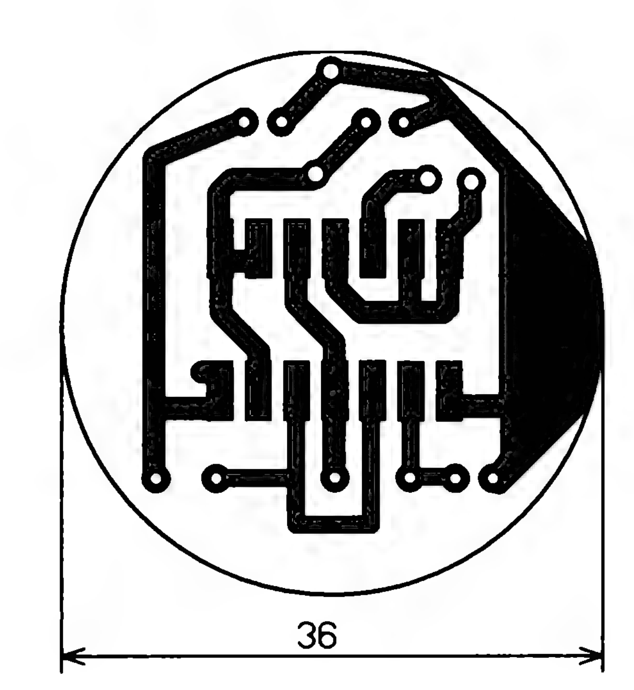
Рис. 3

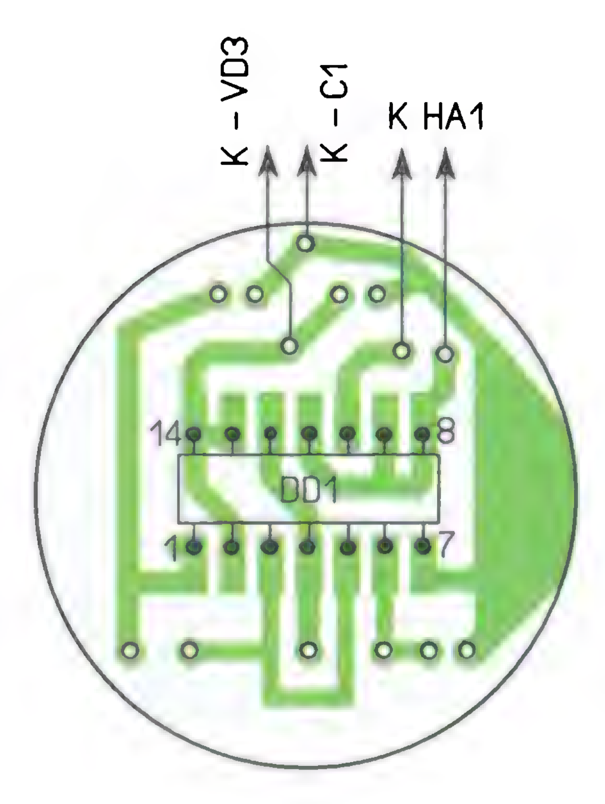
0,7...0,8 В, соответственно мал и протекающий ток.

Плату светильника дорабатывают. Удаляют светодиод EL1, на свободном месте навесным методом монтируют диоды VD1—VD3, стабилитрон VD4 и конденсаторы C1 и C2. Элементы генератора ЗЧ монтируют на круглой односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы и размещение на ней элементов показаны на **рис. 4**. На микросхеме DD1 размещают акустический излучатель, затем плату генератора устанавливают над платой светильника, и получается конструкция в виде "этажерки" (**рис. 5**). Чтобы уменьшить высоту "этажерки", выводы микросхемы К561ТЛ1 обрезают так, чтобы они не выступали за корпус, в результате получается прибор для поверхностного монтажа.

Если в светильнике применён цилиндрический аккумулятор типоразмера AAA или 2/3 AAA, то места для генератора ЗЧ и акустического излучателя будет меньше и возникнет проблема с их размещением. Но в этом случае схему можно существенно упростить, если генератор на микросхеме DD1 и излучатель HA1 заменить звуковым сигнализатором со встроенным генератором, например HPM14AX, но в этом случае сигнал будет постоянным, а значит, и менее заметным.

В устройстве можно применить постоянные резисторы С2-23, Р1-4, подстроечные — СП3-19 или импортные, оксидные конденсаторы — импортные низкопрофильные, C1, C2 — для поверхностного монтажа керамические. Кроме акустического излучателя ЗП-22, можно применить ЗП-1 или подходящий по размерам импортный, в том числе и бескорпусный. Диоды 1N4148 можно заменить любыми маломощными выпрямительными, желательно высоковольтными, поскольку у них меньше обратный ток. Датчик — покупной [7] или самодельный [1, 2, 4], а конструктивно может быть как отделён от сигнализатора и соединён с ним отрезком двухжильного провода, так и объединён с ним в одну конструкцию. Во втором случае выводы датчика можно изготовить из нержавеющей стали, например, вязальной спицы, и закрепить в отверстиях корпуса с помощью эпоксидного клея. Чтобы датчик не реагировал на сопротивление приповерхностного слоя почвы, на его контакты (рядом с корпусом сигнализатора) следует надеть отрезки изоляционной ПВХ-трубки. После монтажа выводы микросхемы преобразователя и соответствующие контактные площадки на печатной плате желательно покрыть влагостойким лаком. Внешний вид устройства со встроенным датчиком показан на **рис. 6**.





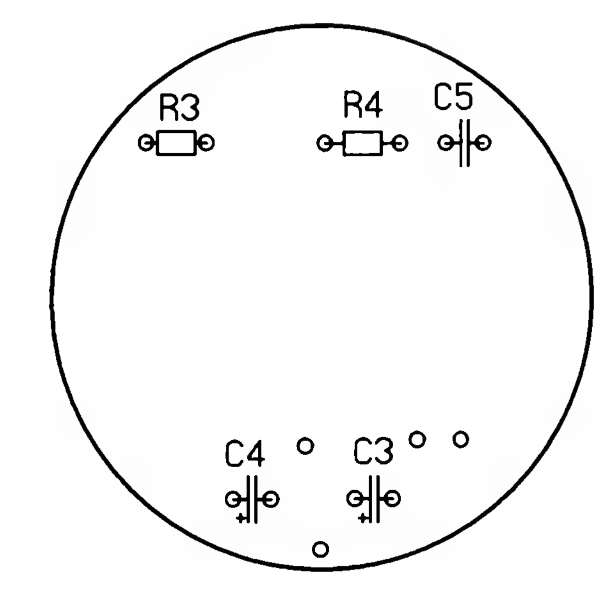


Рис. 4

Если датчик размещён на корпусе сигнализатора, то его придётся устанавливать непосредственно в цветочном горшке (**рис. 7**). В этом случае все щели в корпусе необходимо загерметизировать силиконовым герметиком, чтобы внутрь корпуса при поливе не попадала вода. Для подстроечного резистора в корпусе следует сделать отверстие, которое после налаживания надо заклеить липкой лентой. Сигнализатор следует располагать в наиболее освещённом месте, чтобы солнечная батарея работала наиболее эффективно и обеспечивала подзарядку аккумулятора.

Налаживание следует проводить в реальной обстановке, и сводится она к установке порога срабатывания сигнализатора одним из подстроечных резисторов. Поскольку сопротивление датчика совместно с используемой почвой заранее неизвестно и может лежать в большом интервале, желательно предварительно его измерить. Для этого сначала изготавливают датчик, с которым будет работать сигнализатор, и измеряют его сопротивление в реальных условиях для различной влажности почвы. Исследования показали [5], что сопротивление



Рис. 5



Рис. 6

между входом CE (вывод 3) и минусовой линией питания, при котором происходит включение—выключение преобразователя на микросхеме YX8018, — около 100 кОм. Исходя из этого и следует выбрать сопротивление подстроечных резисторов, чтобы получить более плавную регулировку порога включения сигнализатора.

Такой сигнализатор можно использовать в системе автоматического полива контролируемых растений. При включении сигнализатора напряжение на стабилитроне увеличится примерно до 5,6 В, которое можно использовать для включения каскада на полевом транзисторе; он, в свою очередь, подаст питающее напряжение на малогабаритный насос или электромагнитный клапан, обеспечивающий подачу воды из расположенной выше цветочного горшка ёмкости для воды. Но при этом следует учесть, что время полива должно быть небольшим или подача воды должна медленной, поскольку увлажнение почвы происходит не быстро.

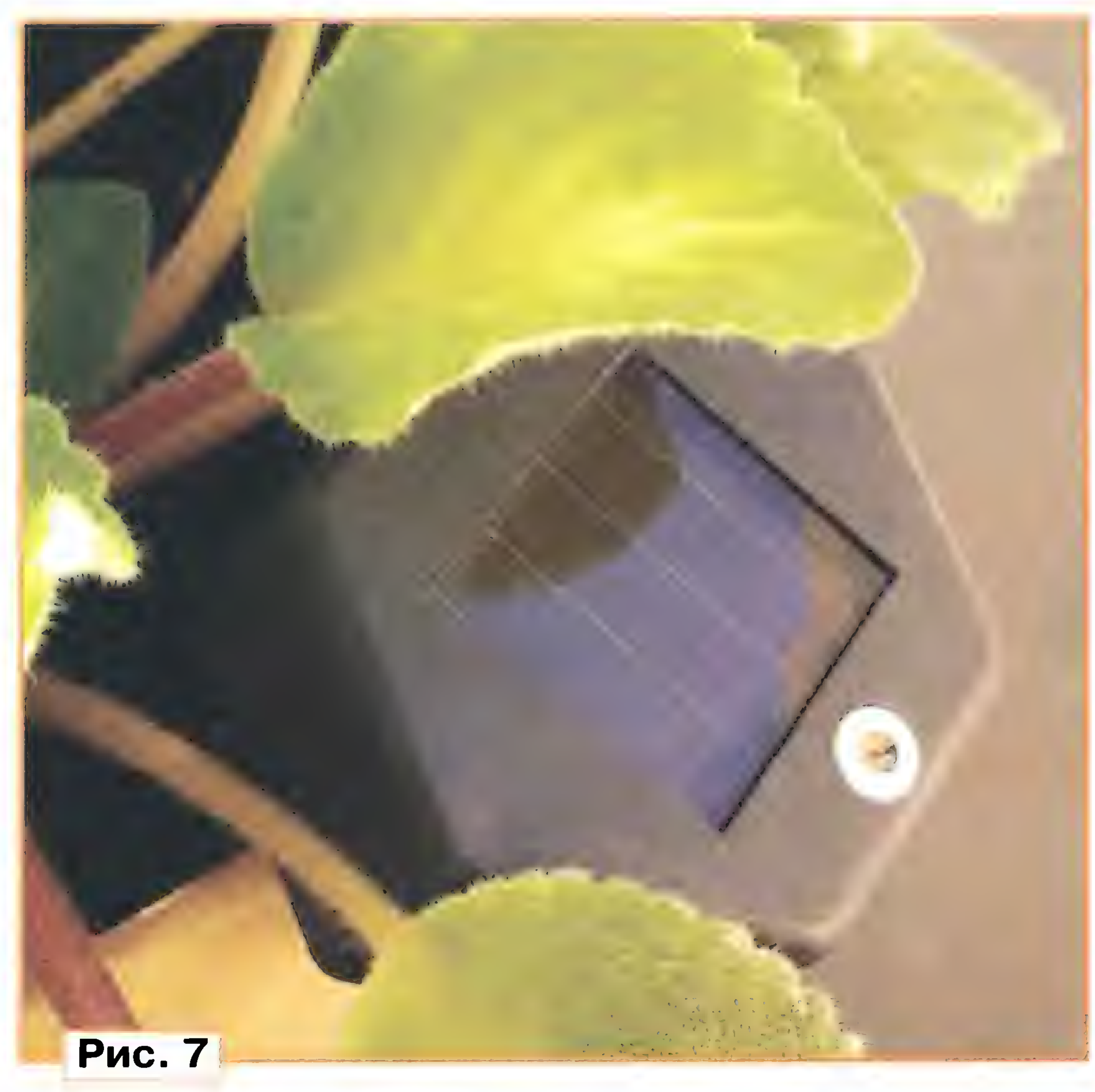


Рис. 7

ЛИТЕРАТУРА

1. **Приймак Д.** Сигнализатор высыхания почвы. — Радио, 1986, № 8, с. 39.

2. **Егоров Ю., Галицкий В.** Электронная система управления поливкой растений в теплице. — Радио, 1997, № 11, с. 48, 49.

3. Автомат поливки растений. — Радио, 1979, № 2, с. 58.

4. **Марков А.** Автомат поливает огород. — Радио, 2004, № 6, с. 41, 42.

5. **Нечаев И.** Искатель скрытой проводки на основе газонного светильника. — Радио, 2014, № 4, с. 48, 49.

6. **Нечаев И.** Сигнализатор протечки. — Радио, 2014, № 6, с. 51, 52.

7. Датчик влажности почвы. — URL: **http://amperka.ru/product/soil-moisture-sensor** (28.07.17).

Виброробот с питанием от солнечной батареи

Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл

Сегодня на рынке представлен широкий ассортимент различных простейших миниатюрных самодвижущихся конструкций [1], один из наиболее распространённых вариантов — вибророботы, движитель которых представляет собой миниатюрный электромотор с эксцентриком, закреплённым на валу. Такие устройства огибают препятствия просто за счёт особой формы корпуса. Подобные конструкции в силу своей простоты, с одной стороны, и немалой стоимости коммерческих моделей — с другой [2], привлекательны для самостоятельного изготовления в кружках технического творчества.

Изготовление виброробота посильно даже юному радиолюбителю на самом раннем этапе обучения, а стоимость материалов и комплектующих оказывается заметно ниже цены коммерческого аналога. При этом могут быть не только повторены широко распространённые заводские конструкции, разумеется, с поправкой на технологии, доступные радиолюбителю [3], но и более сложные виброходы, не имеющие на рынке широко распространённых аналогов [4, 5].

Как правило, любители изготавливают несколько вибророботов, что позволяет устраивать между ними соревнования, например, в скорости прохождения лабиринта. Питают такие конструкции обычно от одного или двух миниатюрных гальванических элементов, например, LR44 или LR1130. Из-за малой ёмкости подобных элементов их массовая регулярная замена выливается в заметную трату времени и денег. По этой причине было принято решение сконструировать максимально дешёвый виброробот, не требующий замены или подзарядки элементов питания в процессе эксплуатации.

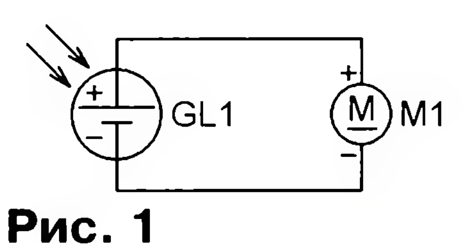
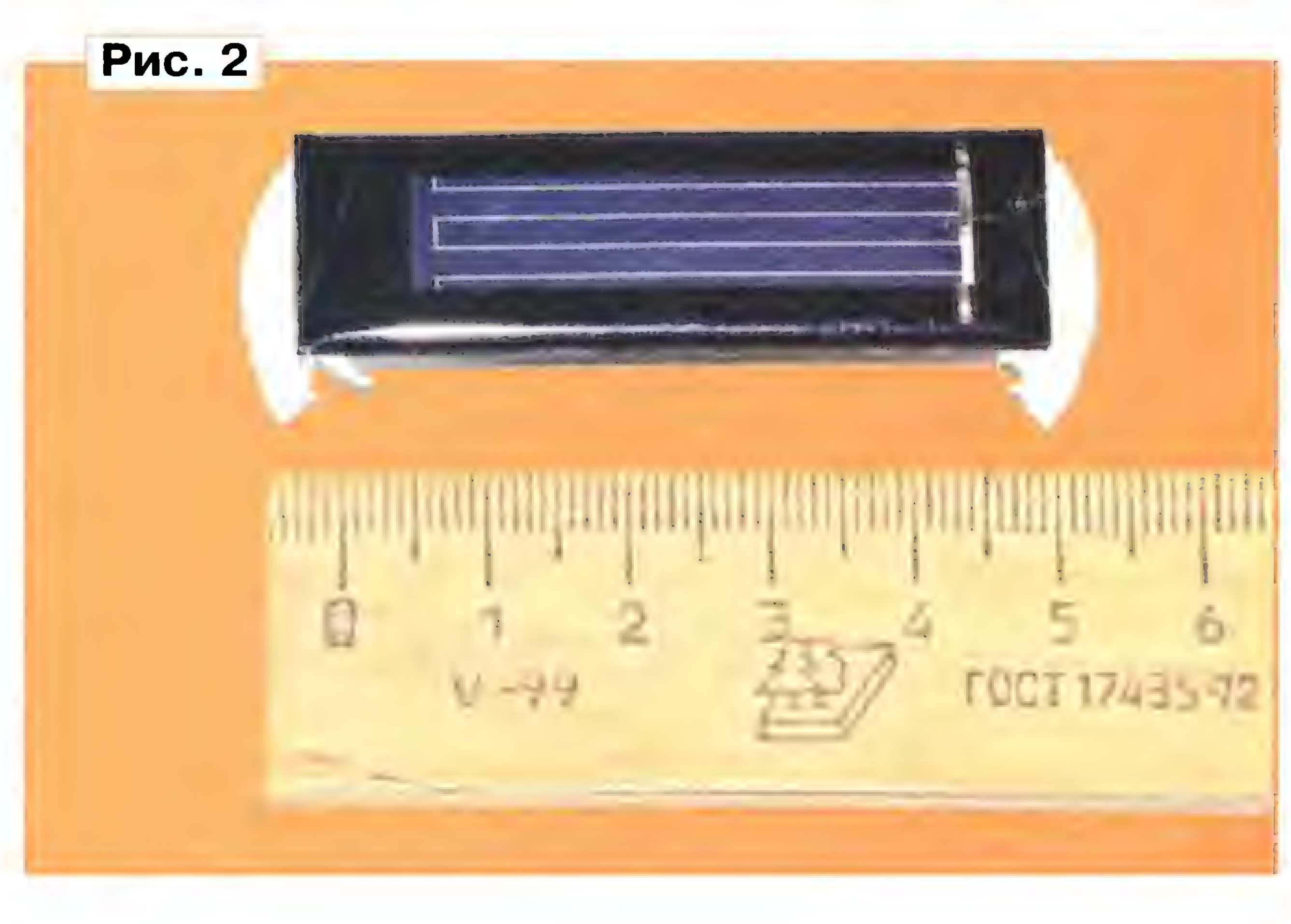


Рис. 1

В качестве источника питания и основы конструкции для виброробота использована солнечная батарея Aiyima размерами 53×18 мм, ЭДС которой (по заявлению продавца) около 0,5 В, а ток короткого замыкания 100 мА [6]. К его выводам, как показано на **рис. 1**, подключён вибромотор с номинальным напряжением питания 3 В и током потребления 60 мА [7].

На практике под прямыми солнечными лучами ЭДС батареи достигает 0,57 В, но ток короткого замыкания — всего 70 мА. При подключённом вибромоторе напряжение между выводами фотоэлемента падает до 0,5 В, но этого оказывается достаточным для работы вибромотора, потребляющего всего 7...8 мА. Разумеется, в таких условиях своей полной мощности вибромотор развить не может, но способен обеспечить перемещение виброробота, вид которого сверху представлен на **рис. 2**, а снизу — на **рис. 3**.

Рис. 2



Главные критерии при выборе вибромотора — по возможности минимальное рабочее напряжение и низкий ток потребления. Следует заметить, что даже в пределах одной партии такие моторы заметно различаются по пригодности к использованию в подобном роботе, поэтому рационально опробовать несколько экземпляров.


Рис. 3


Рис. 4

"Ножки" робота, выполняющие также функции переднего и заднего бамперов, изготовлены из круглых пластиковых крышек диаметром 28 мм для пакетов с молочной продукцией (**рис. 4**). Их приклеивают к батарее клеем "Момент". Кромку каждой "ножки" следует обрезать снизу, как показано на **рис. 5**, чтобы робот имел четыре точки опоры. Таким же клеем к нижней поверхности фотоэлемента вблизи одной из его оконечностей крепят вибромотор. Его соединяют с выводами фотоэлемента в соответствии со схемой.

Выключателя питания робот не имеет. Он начинает движение, когда освещённость светочувствительной поверхности фотоэлемента достигает приблизительно 3000 лк. Но для активного перемещения желательно создать освещённость не менее 7000...8000 лк. Желательно освещать робот прямыми


Рис. 5

солнечными лучами или несколькими лампами накаливания суммарной мощностью 300...500 Вт с расстояния 30...40 см. Хорошо подходят устаревшие диапроекторы с лампами мощностью 100...300 Вт. Вместо ламп накаливания удобнее пользоваться люминесцентными или светодиодными лампами суммарной мощностью 40...70 Вт, которые создают приблизительно такую же освещённость батареи.

Этот робот может послужить не только для развлечения, но и для изучения поведения и самоорганизации подобных простых самодвижущихся устройств [8, 9]. Предельная простота и низкая стоимость конструкции становятся особенно важными, так как подобные эксперименты требуют как минимум десятка однотипных роботов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микророботы и вибророботы. — URL: **http://radioskot.ru/publ/raznoe/mikroroboty/18-1-0-1246** (23.06.17).

2. HEXBUG Nano. — URL: **http://hex-bugs.ru/nano.php** (23.06.17).

3. **Мамичев Д.** Виброход. — Радио, 2013, № 6, с. 49.

4. **Мамичев Д.** Виброход идёт по линии. — Радио, 2013, № 11, с. 49, 50.

5. **Мамичев Д.** Управляемый танк-виброход. — Радио, 2014, № 7, с. 50, 51.

6. Mini Solar Panel New 0.5V 100mA Solar Cells Photovoltaic panels Module Sun Power battery charger DIY 53*18*2.5 mm. — URL: **https://ru.aliexpress.com/item/10pcs-New-Mini-0-5V-100mA-solar-panel-solar-cells-solar-accessories-photovoltaic-module-PV-module/32336707552.html** (23.06.17).

7. DC 3V 60mA 9000+/-2000RPM Phone Coin Flat Vibrating Vibration Motor. — URL: **https://ru.aliexpress.com/item/IMC-Wholesale-5-X-DC-3V-60mA-9000-2000RPM-Phone-Coin-Flat-Vibrating-Vibration-Motor/32550792436.html** (23.06.17).

8. Самоорганизация роботов без алгоритмов. — URL: **http://robocraft.ru/blog/beam/2901.html** (23.06.17).

9. **Giomi L., Hawley-Weld N., Mahadevan L.** Swarming, swirling and stasis in sequestered bristle-bots. — URL: **https://arxiv.org/pdf/1302.5952v1.pdf** (23.06.17).

Радиоприёмник прямого усиления СВ-диапазона

В. РУБЦОВ, г. Астана, Казахстан

В середине XX века средневолновый вещательный диапазон был очень популярен. Его привлекательность объяснялась не только наличием большого числа вещательных радиостанций, но и возможностью прослушать работу многочисленных радиохулиганов, порой транслировавших популярную музыку того времени. В начале же XXI века ситуация на этом диапазоне кардинально изменилась, и вещательных радиостанций стало гораздо меньше, интерес к нему пропал, устарел и парк приёмной аппаратуры.

Так думают ныне многие, об этом пишут в Интернете, так думал и я. Но вдруг обнаружил, что это в Средней Азии на данном диапазоне мало вещательных радиостанций (особенно русскоязычных), а вот в Европе их ещё осталось немало, да и интерес у радиолюбителей к этому диапазону понемногу возрастает. Что это — ностальгия или причина в простоте конструкции приёмников этого класса? Скорее всего, и то, и другое! Когда я собрал этот приёмник и стал регулярно прослушивать средневолновый диапазон, то снова обнаружил, что всё же и у нас на этом диапазоне есть вещательные станции. Мне кажется, что-то явно изменилось в эфире. Может, из-за того, что я стал регулярно прослушивать этот диапазон, и станции появились?

Радиоприёмник прямого усиления, описание которого приводится далее, несмотря на кажущуюся сложность схемы, вполне пригоден для повторения даже начинающими радиолюбителями. Схема приёмника показана на **рисунке**. ВЧ-сигнал с магнитной антенны WA1 поступает на затвор транзистора VT1, на котором собран парафазный каскад. Его усиление меньше единицы, но его задача состоит в получении на выходах двух

одинаковых по амплитуде, но противоположных по фазе сигналов. Применение полевого транзистора позволяет получить сигналы большей идентичности по сравнению с аналогичным каскадом на биполярном транзисторе (токи через резисторы истока и стока равны, в отличие от токов биполярного транзистора). Высокое входное сопротивление транзистора мало шунтирует контур магнитной антенны, позволяя напрямую подключить затвор транзистора к нему. При этом добротность контура антенны практически не ухудшается, что обеспечивает лучшую избирательность. В этом каскаде по затворной цепи также происходит управление усилением ВЧ-сигнала с помощью системы АРУ.

Противофазные сигналы поступают на входы симметричного усилителя (**Рубцов В.** Усилитель промежуточной частоты с улучшенной симметрией. — Радио, 2005, № 12, с. 67), собранного на транзисторах VT2—VT5. Этот усилитель обладает большим коэффициентом усиления (до 6000), устойчив и на выходе формирует два противофазных сигнала. Эти сигналы поступают на двухтактный детектор АМ-сигналов, собранный на диодах VD1—VD4. Особенностью такого детектора является то, что на его выходе формируется напряжение с удвоенной частотой входного сигнала, а сигнал с входной частотой значительно подавлен. Дополнительно ВЧ-сигнал подавляет сглаживающий конденсатор C11. В результате ВЧ-часть приёмника обладает повышенной устойчивостью к самовозбуждению. Постоянное напряжение минусовой полярности с выхода детектора через ФНЧ R4C4 поступает на затвор транзистора VT1. С увеличением уровня принимаемого сигнала постоянное напряжение на выходе детектора увеличивается (по модулю), что приводит к уменьшению усиления ВЧ-тракта. Так работает система АРУ. Несмотря на то что работа АРУ приводит к изменению режимов работы парафазного каскада, на качестве приёма это практически не сказывается.

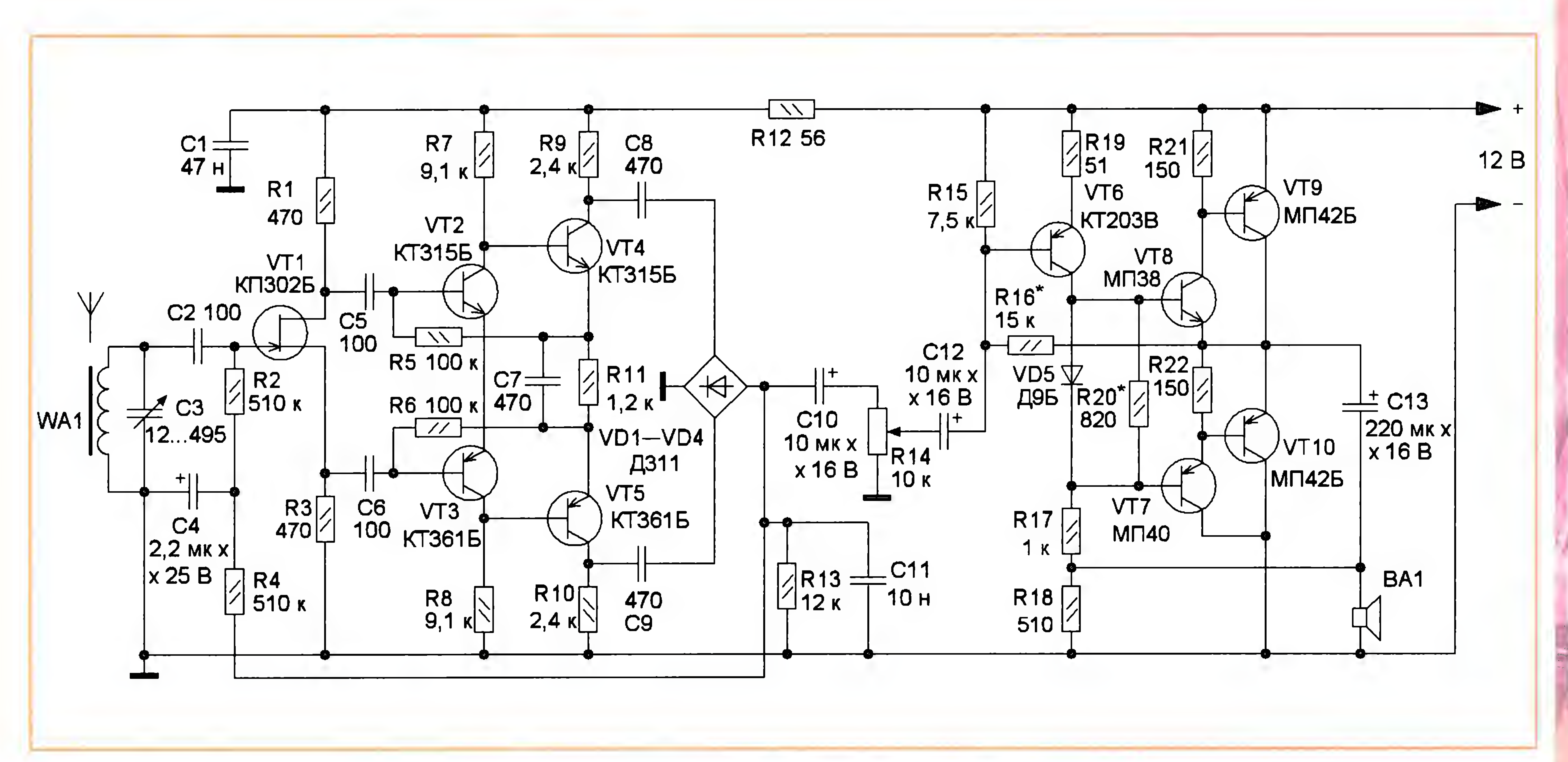
Сигнал ЗЧ через конденсатор C10 поступает на регулятор громкости R14 и затем на вход УМЗЧ, собранного на транзисторах VT6—VT10 по известной схеме. Максимальная выходная мощность усилителя — 150 мВт.

Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, ВС, переменный — СП, СПО, СП3. Транзистор КП302Б можно заменить транзистором КП302В, КП303Е, КП307А. Транзисторы в симметричном усилителе желательно подобрать с близкими коэффициентами передачи тока базы. Диоды Д311 можно заменить диодами серии Д9 с любым буквенным индексом. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — КТ, КМ, К10-7В, К73. Конденсатор переменной ёмкости — с воздушным диэлектриком. В УНЧ применена динамическая головка 3ГДШ-8-8 с сопротивлением звуковой катушки 8 Ом, но подойдёт любая малогабаритная мощностью 0,5...1 Вт с таким же сопротивлением.

Магнитная антенна намотана на круглом или плоском ферритовом магнитопроводе марки 400НН или 600НН длиной 100...140 мм. Катушка для диапазона СВ содержит 70...80 витков провода ПЭВ или ПЭЛШО диаметром 0,2...0,25 мм или 250...280 витков более тонкого провода, если предполагается использовать приёмник на ДВ-диапазоне. Тип намотки катушки СВ — виток к витку, ДВ — секционный (5...6 секций). Можно применить и любую другую магнитную антенну от карманных радиоприёмников.

Если постоянный резистор R13 заменить подстроечным и к его движку подключить нижний по схеме вывод резистора R4, то с помощью подстроечного резистора можно в широких пределах изменять порог срабатывания и глубину АРУ. Сделать это можно на слух при приёме мощной радиостанции. Быстродействие (постоянную времени) системы АРУ можно изменить подборкой конденсатора C4. УНЧ налаживают подборкой резистора R20, с его помощью устанавливают ток покоя 1,5...3 мА транзистора VT10 (в цепи коллектора). Подборкой резистора R16 устанавливают половину напряжения питания (+6...7 В) в точке соединения коллектора транзистора VT9 и эмиттера транзистора VT10.

На станцию приёмник настраивается переменным конденсатором C1 и поворотом магнитной антенны (так можно отстроиться и от помехи). Для улучшения чувствительности приёмника рядом с катушкой МА (1...2 см) можно разместить провод снижения наружной антенны. Приёмник был собран на макетной печатной плате с помощью проводного монтажа и показал хорошее качество работы. Желательно, чтобы соединительные провода были минимальной длины.



Контрольный радиоприёмник диапазона 433 МГц

А. ПАХОМОВ, г. Владимир

Предлагается простой приёмник контрольных сигналов бортового передатчика модели ракеты. В нём использован распространённый приёмный радиомодуль диапазона 433 МГц.

В [1] и [2] описаны устройства, регистрирующие параметры полёта модели ракеты. Для контроля их состояния используется светодиодная индикация, дублируемая тональными посылками (частотой около 1000 Гц), передаваемыми по радиоканалу бортовым радиопередатчиком диапазона 433 МГц. По завершении полёта этот передатчик служит радиомаяком для системы поиска, описанной в [3]. Приёмное устройство этой системы имеет направленную антенну и линейный приёмно-усилительный тракт, что позволяет на слух определять направление на источник сигнала — приземлившуюся модель ракеты.

Использование радиоканала очень удобно для дистанционного контроля состояния ракеты на старте. Однако описанный в [3] приёмник оказался для этого не очень подходящим из-за громоздкости конструкции. Предлагаю более простой приёмник, предназначенный лишь для прослушивания радиосигнала ракеты именно на стартовой позиции, на небольшом от неё удалении. В этих условиях от антенны не требуется направленность, её роль может играть отрезок провода длиной в четверть волны. Следить за уровнем сигнала на старте ракеты также нет необходимости, поэтому приёмник содержит ограничитель, устраняющий его изменения.

Схема приёмника изображена на **рис. 1**. U1 — такой же приёмный модуль диапазона 433 МГц XY-MK-5V, как в [3]. Но там выходной сигнал снимался с промежуточной точки приёмного тракта, где его амплитуда пропорциональна уровню входного ВЧ-сигнала. В рассматриваемой конструкции модуль использован без доработки. Выходной сигнал снимается с вывода DATA модуля (таких выводов два, они равноправны), где он имеет высокий логический уровень при наличии на входе ВЧ-сигнала достаточной амплитуды и низкий в его отсутствие. При приёме амплитудно-манипулированного сигнала передатчика ракеты выходной сигнал имеет вид импульсов постоянной амплитуды, следующих с частотой манипуляции.

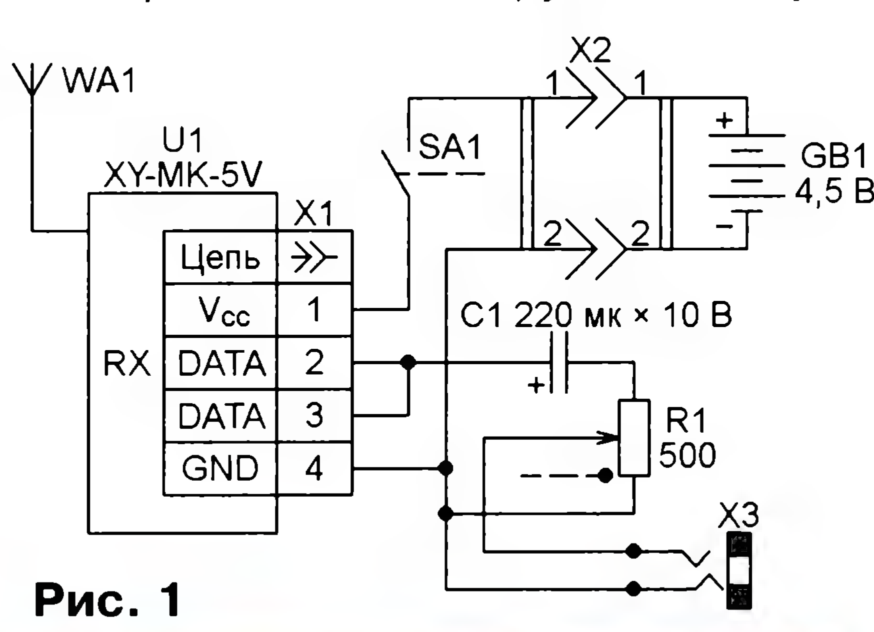


Рис. 1

Мощность выходного сигнала модуля вполне достаточна для прослушивания его с помощью головных стереотелефонов, подключённых к разъёму X3. При показанном на схеме подключении контактов разъёма левый и правый телефоны оказываются соединёнными последовательно, что увеличивает сопротивление нагрузки выхода модуля U1.

Конденсатор C1 пропускает только переменную составляющую выходного сигнала, а постоянную составляющую задерживает. Переменный резистор R1 служит регулятором громкости, с ним совмещён выключатель питания SA1. Если используются головные телефоны с встроенным регулятором громкости, то от переменного резистора R1 в приёмнике можно отказаться, соединив верхний (по схеме) контакт разъёма X3 непосредственно с минусовой обкладкой конденсатора C1.

Батарея GB1 — три гальванических элемента типоразмера AAA общим напряжением 4,5 В.

Приёмник собран в корпусе из отрезка пластикового электромонтажного короба 40×25 мм длиной 140 мм. Антенной служит отрезок монтажного провода длиной 170 мм. Печатная плата для устройства не разрабатывалась, все детали размещены на фрагменте макетной платы размерами 45×30 мм. Переменный резистор R1 с выключателем взят из неисправных компьютерных головных телефонов. Напротив разъёма X3 и регулятора громкости в стенке короба сделаны отверстия нужного размера. В короб удачно вписался стандартный держатель для трёх гальванических элементов типоразмера AAA. Внешний вид конструкции показан на **рис. 2**.

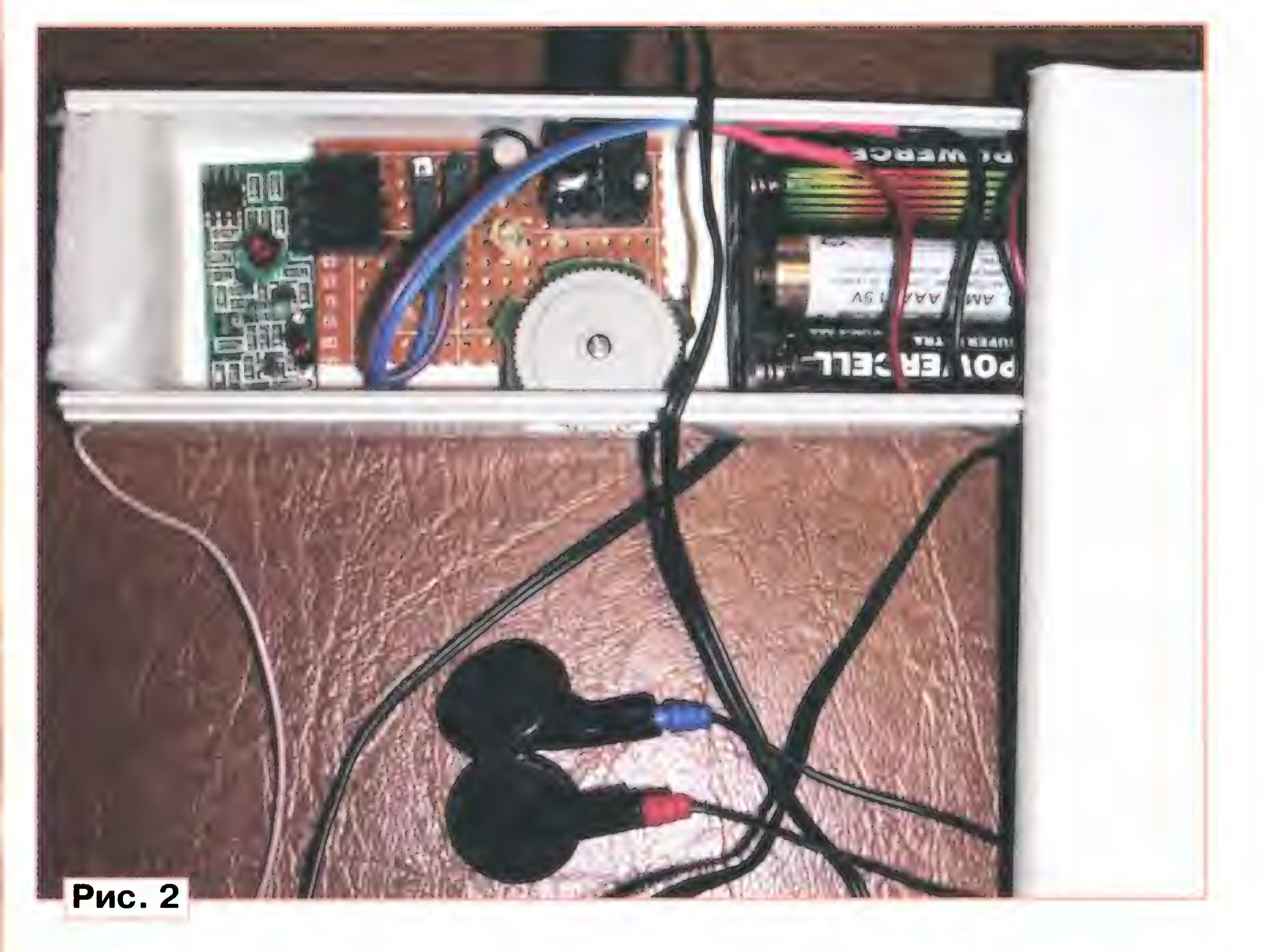


Рис. 2

Чтобы пользоваться приёмником, достаточно подключить к нему головные телефоны, включить питание и положить приёмник в карман. Его габариты позволяют это сделать. Включив радиооборудование модели ракеты, можно свободно перемещаться по стартовой площадке и вблизи неё, всегда зная о состоянии ракеты. Поскольку чувствительность приёмника невелика, дальность приёма не превышает 20...30 м, чего вполне достаточно для задач, для которых он предназначен. Тем не менее однажды этот приёмник помог мне найти ракету, зарывшуюся в снег при приземлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пахомов А.** Барограф для модели ракеты. — Радио, 2017, № 1, с. 52—54.

2. **Пахомов А.** Электронный блок для модели ракеты. — Радио, 2017, № 6, с. 54—56.

3. **Пахомов А.** Радиопеленгатор для поиска модели ракеты. — Радио, 2016, № 10, с. 50—52.



Чемпионат в Дресвищах.

Взгляд судьи при участниках

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

Для меня было приятным сюрпризом увидеть на сайте СРР заявку на участие в чемпионате России по радиосвязи на КВ в Дресвищах, поданную от команды Андрея Бондаренко (RV3FF) и Сергея Зимина (RM6AA). Андрея я знаю очень давно. Он никогда не принимал участия в таких очных соревнованиях, но я точно знал, что он способен показать в них очень высокий результат. В заявке был указан судья, которого я тоже очень хорошо знаю, — Владимир Червяков (RJ3FF).

Чемпионат в Дресвищах, как это и положено чемпионату, собирает сильнейших спортсменов, но собирает он и сильнейших судей. Судей, знающих "анатомию" нашей спортивной дисциплины, принимавших участие на всех этапах развития очных соревнований.

К таким относится и Владимир. С 1982 г. Владимир более двух десятков лет судил очные соревнования на призы журнала "Радио" на радиостанциях Р-108 в Подмосковье на Белом озере: сначала по бумажным отчётам, затем первыми компьютерными программами. Он много участвовал в соревнованиях как спортсмен, ездил в экспедиции на острова. Потом "ушёл в конструирование", где сферой его интересов стала разработка и практическая реализация коротковолновых ан-



Команды-победители чемпионата России (RRTC) на пьедестале почёта. Слева—направо: Сергей Зимин (RM6AA), Андрей Бондаренко (RV3FF), судья Владимир Червяков (RJ3FF), Руслан Владимиров (UA4Z), судья Александр Капитанюк (RW4YD), Юрий Хмеленко (RL3FT), Владимир Бессонов (RL4F), Георгий Теньшов (RQ7M), судья Алексей Стрелков (R4FD).

тенн. Именно поэтому выбор его в качестве судьи был вполне естественным.

После чемпионата прошёл месяц, я позвонил Владимиру, и вот как сложилась наша беседа.

— Как принималось решение об участии в чемпионате в качестве судьи?

— Всё просто: позвонил Андрей и пригласил. Как раз на середину июля у меня был запланирован отпуск, и я сразу согласился. Ни тени сомнений не было.

— Насколько изменилось представление о чемпионате после личного участия в нём?

— Я никогда не принимал участия в "больших" очных чемпионатах, и мне всегда было интересно посмотреть на происходящее действо своими глазами. Сразу скажу, до того момента, как я всё увидел сам, мне казалось, что очный чемпионат — это такой "междусобойчик" для небольшого числа спортсменов. Увидев столько знакомых лиц, приехавших с семьями, с детьми и внуками, увидев контестменов, собравшихся на базе "Русский дом" просто поболеть за свои команды и пообщаться друг с другом, я поменял своё мнение. Сейчас чемпионат стал таким, каким он должен быть, — не только со спортивной, но и с культурной программой. Безусловный плюс чемпионата — исключительно доброжелательное отношение организаторов и фантастически красивая природа.

— Что можно сказать о судействе?

— Всё было на самом высоком уровне, особенно понравились налаженная система судейства, работа главной судейской коллегии. Что касается Регламента, чувствуется, что каждая строчка в нём написана на основе накопленного за много лет соревнований опыта. Понравился инструктаж с судьями, проведённый в беседке сразу после открытия соревнований. Поскольку я первый раз был на очном чемпионате судьёй при участниках, мне было очень важно прямо на месте получить ответы на все вопросы, возникшие при чтении Регламента.

— Каково было первое впечатление, когда стало понятно, что работать судьёй придётся у Евгения Даниэльяна (R2AA)?

— Мне, в принципе, было всё равно, к кому я попаду судьёй, но когда выяснилось, что это будет Евгений, я обрадовался. Появился шанс увидеть, как работает сильный спортсмен, понимающий все тонкости контестинга. Забегая вперёд, скажу, что судить его было приятно.

Первое, на что я обратил внимание при осмотре палатки, — тщательность подготовки к соревнованиям. У Евгения был полный запасной комплект всей используемой техники: трансивер, компьютер, коммутация и куча проводов. Что бы ни вышло из строя, можно было с минимальной потерей времени произвести замену. Моё рабочее место было организовано очень удобно. Евгений использовал трансивер YAESU FTDX-5000, и приём у него был очень хороший.



Главный секретарь соревнований Андрей Нехорошев (RV9WB) — второй справа — руководит комиссией по допуску спортсменов к соревнованиям.

У Евгения особый стиль работы. Тактика очников такова, что основное время занимает работа на общий вызов. И очень важно для этого выбрать правильную частоту. А дальше — быстрые переключения с общего вызова на поиск и обратно. Если в первые секунды после окончания вызова тебя не зовут, то сразу следует переход в короткий цикл поиска. Удалось быстро найти станцию — тут же вызов. Нет — скачком возврат на частоту общего вызова и снова CQ. Часто станция на поиск обнаруживалась после первого движения ручки настройки — прямо сразу каким-то телепатическим способом. Эта самая "телепатия" и называется классом спортсмена. Класс классом, а долго в таком стиле работать очень тяжело. Без хорошей физической формы ничего не получится. Да и в голове программы работы на общий вызов и на поиск должны быстро переключаться.

У Евгения был большой перерыв участия в очных чемпионатах. Мне кажется, если он приедет на чемпионат в следующем году, результат будет выше.

— Многие после соревнований говорили, что с прохождением крупно повезло. Это так?

— Да, это так. В этом году было отличное прохождение. И элемент везения был большим. Представьте: середина лета, солнечная активность на минимуме, по прогнозу никаких возмущений на Солнце не ожидается. А это значит, что на диапазоне 7 МГц мёртвая зона может составить почти тысячу километров, а на двадцатке — и того больше. Если бы так случилось, и очным участникам чемпионата и заочным участникам всероссийских соревнований было бы совсем грустно. Но в дело вмешался "спорадик", и всё оживил. В итоге на "семёрке" удавались связи и с Самарой, и с Подмосковьем, а "десятка" просто гремела, особенно в начале теста. Многие участники быстро сориентировались и начали тест с "десятки" и "пятнашки", а вот Евгений надолго задержался на "двадцатке", что, как мне кажется, в итоге ухудшило его результат.

— Какие впечатления остались от организации быта на базе "Русский дом"?

— Всё было отлично. Я не привередлив и привык к спартанской обстановке. Поэтому "Дом рыбака" казался просто хоромами. Очень вкусной была еда. Но самое важное — не стены и кухня, а обстановка. А она была дружественной.

— Параллельно чемпионату проводилось первенство, в котором участвовали четыре детские команды. О них можно что-то сказать?

— К сожалению, я не смог посмотреть, как работают дети, но то, что они участвовали, это здорово. Нужно обязательно продолжать эту практику.

— Как добрались домой? Без приключений?

— Домой мы возвращались на машине. Стартовали в воскресенье днём сразу после закрытия и всё время убегали от циклона. Километров через двести сильный дождь нас всё-таки догнал. В лобовое стекло совершенно ничего не было видно — просто стена воды, пришлось даже останавливаться. Поскольку был вечер воскресенья, приходилось учитывать многочисленные пробки. GPS-навигатор повёл нас совершенно непредсказуемым маршрутом. Получился своеобразный тур по малым городам. Финишировали в Королёве в половине второго ночи.

— Есть ли планы принять участие в чемпионате в следующем году?

— Всё зависит от спортсменов. Соберутся Андрей с Сергеем на следующий год, пригласят в качестве судьи, конечно, поеду. Мне это интересно.

Вот ещё что хочу сказать. Всем, кому интересен очный чемпионат и кто хотел бы принять в нём участие в качестве спортсмена, рекомендую сначала побывать в "шкуре" судьи при участниках. Если повезёт — попадёте к сильному спортсмену или команде, будет шанс поучиться. Да и без всякого везения тоже поучиться сможете. Ведь это — настоящий чемпионат. В нём слабых спортсменов нет, только сильные и очень сильные.

— Спасибо, Владимир!

На этом наш телефонный разговор закончился...

Экспедиция R71RRC, или третье открытие острова Аракамчечен

Юрий САВЧЕНКО (UA0KBG), п. Угольные копи-3, Чукотский автономный округ



В сентябре 2016 г. на традиционном Международном радиолюбительском фестивале в г. Домодедово я встретился с Виктором Слабодчиковым (UA3AKO). В апреле 2016 г. Виктор, Андрей (R9XC) и автор этих строк (UA0KBG) работали в эфире с о. Алюмка IOTA AS-92 позывным RT92KA. В свободное от работы в эфире время Виктор сообщил мне, что есть идея активировать в 2017 г. о. Аракамчечен, который находится в проливе Сенявина и долгое время не был представлен в радиолюбительском эфире.



Цель радиоэкспедиции.

Стоит упомянуть, что первое открытие работы на КВ с этого острова принадлежит Юрию Сушкину (ex. UA9OPA, ныне N3QQ) и Юрию Сажину (UA9-145-625), оператору коллективной радиостанции Новосибирского электротехнического института.

Всё это происходило в далёком уже 1990 г. Было проведено около 1900 радиосвязей, подавляющее большинство из которых пришлось на долю радиолюбителей США. Следующим радиолюбителем, побывавшим на острове, был Валерий Попов (UA0KAP, сейчас R7BN).

В начале марта 1991 г. Валерий на вездеходе ГАЗ-71 выехал на остров и в течение четырёх дней работал в эфире позывным UA0KAP/A. Всего им было проведено около 480 радиосвязей.

Прошло более 25 лет после поездки Валерия, и необходимость в организации новой радиоэкспедиции была очевидна. Получив моё согласие, Виктор назвал третьего участника нашей команды. Им стал Александр Иванов (RA3AV). К сожалению, по объективным причинам не смог принять участие в экспедиции Андрей (R9XC). Итак, состав команды сформирован, и Виктор, не теряя времени, начал заниматься оформлением разрешительных документов в погранзону и получением временного позывного сигнала, а также изготовлением и проверкой антенн. Александр занимался разработкой экспедиционного сайта, подготовкой видео- и фотоаппаратуры. Мне же предстояло решать логистические вопросы. Необходимо было принять и затем переправить в п. Провидения большую часть груза для экспедиции, которую Виктор пересылал мне из Москвы. Но не был решён довольно важный вопрос — необходима палатка для автономного проживания в условиях холодной чукотской весны. Тут надо поблагодарить Игоря (UA9KDF) за своевременную подсказку. Он с группой радиолюбителей планировал активировать группу островов в Северном Ледовитом океане, и под заказ для них была изготовлена палатка в северном варианте с учётом отрицательных температур и сильных ветров. Виктор заказал такую же палатку и лёгкие раскладные кровати, всё это было отправлено мне и далее в п. Провидения. Забегая вперёд, скажу, что палатка не понадобилась, поскольку на месте лагеря оказалась заброшенная избушка, которую удалось обустроить под шэк.

Продолжение. Начало см. на 2-й с. обложки



Юрий Сушкин (N3QQ). *Валерий Попов (R7BN).*

И вот третьего апреля я встречаю в аэропорту "Анадырь" Виктора и Александра, размещаю их на съёмной квартире, а утром следующего дня самолётом АН-24 авиакомпании "ЧукотАвиа" вылетаем в п. Провидения, где нас встречает и предоставляет нам во временное пользование комнату в своей квартире Николай Викторович Малков (UA0KDJ).

Следующие два дня уходят на приобретение продуктов питания, бензина для генератора и загрузку вездехода ГТТ (гусеничный тягач, тяжёлый).

Большую помощь нам оказало руководство Национального парка "Берингия" — Владимир Вениаминович Бычков и Геннадий Анатольевич Парамонов. Ими был совершенно безвозмездно передан нам на период работы экспедиции бензогенератор. К сожалению, в результате предварительной проверки Виктором было выявлено наличие сильных помех на приём и от него пришлось отказаться. А также большую помощь оказала Наталья Ивановна Калюжина, она снабдила нас подробной картой острова и ещё, для подстраховки, дала контактные телефоны егерей из Янракыннота (ближайший к острову посёлок), если возникнет опасность нападения хищников.

Для питания нашей аппаратуры был задействован бензогенератор GEKO 2801, предоставленный в наше распоряжение поисково-спасательным отрядом МЧС России Провиденского района. При номинальной мощности генератора 2,8 кВт в постоянной работе у нас были два трансивера К-3, транзисторный усилитель Ameritron (мощностью 500 Вт) и мой усилитель на двух лампах ГК-71 мощностью 700 Вт. Сбоев и отказов в работе генератора не наблюдалось, расход бензина также оказался вполне приемлемым — 10 л на 12 ч работы. В качестве резервного генератора брали дизельный, мощный, но он расходовал немыслимое количество дизтоплива. Для него везли бочку солярки, но основной, бензиновый, работал без проблем и резервный не понадобился.

Для доставки и сопровождения экспедиции были задействованы двое местных парней — водитель вездехода Александр Андреевич Густ и водитель

снегохода "Буран" Андрей Владимирович Соболев, который ехал впереди вездехода, проводя разведку и указывая путь.

Снегоход был с прицепленными грузовыми санями, в которых везли необходимые материалы и оборудование для шэка. Андрей прекрасно знает здешние места и оказал нам неоценимую помощь во время переезда, а в дальнейшем — при обустройстве жилья, но об этом позже.

Ещё за месяц до экспедиции, в марте, по просьбе Виктора Соболев и Густ на снегоходе "Буран" выезжали к о. Аракамчечен с целью обследовать ледовую обстановку на пути к острову в проливе Сенявина и определить пригодность давно заброшенного домика в северной части острова для возможного использования под шэк.

Результаты разведки были обнадёживающими, лёд — достаточно толстый для тяжёлого вездехода, а домик, хоть и находился в плачевном состоянии, был без окон и дверей и внутри наполовину завален снегом, но одну комнатушку в нём всё же можно было использовать в качестве шэка.



Спутниковый трекер SPOT GEN3.

Загрузка вездехода заняла почти весь день, на завершающем этапе Виктор и Александр закрепили на внутренней части задней дверцы вездехода трекер, который хорошо отследил движение Александра и Виктора от Москвы до Анадыря. Мы надеялись, что во время движения к острову наш путь будет виден, но, увы, мы оказались на границе двух зон ответственности — крайнего северо-востока России и Аляски. Трекер периодически давал неточные показания, а иногда просто терял связь со спутниками.

Ну да ладно, всё готово к отъезду. Шестого апреля, в два часа ночи по чукотскому времени, Густ со словами "Господи, спаси и сохрани!", трижды перекрестившись, включил первую передачу, и начался наш путь к острову, пока без сопровождения. Снегоход с Андреем должен ждать в условленном месте.

Звоню на мобильный Олегу (UA0CID) и сообщаю о начале движения. Расположились мы в вездеходе так: я сижу за спиной у Густа на обычном стуле, справа за капотом двигателя также на стульях расположились Александр (он сидит впереди) и Виктор (позади Александра).

Миновали развилку, слева остался п. Провидения, а нам через перевал нужно двигаться в сторону п. Новое Чаплино. Видимость приемлемая, но вот пошёл редкий снег, и это очень встревожило нашего водителя. Ранним утром оставляем слева редкие огоньки посёлка — и вот точка встречи с Андреем. Снегопад усиливается, водитель Густ начинает терять дорогу,



Путь от п. Провидения до о. Аракамчечен (примерно 80 км).

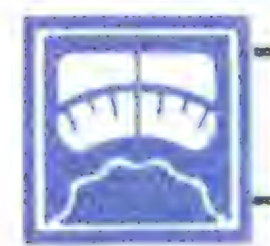
постоянно съезжая в сторону и виляя. Вездеход останавливается — водитель предлагает вернуться в п. Провидения и повторить попытку, когда прекратится снегопад. Это был очень тревожный момент, нас это никак не устраивало, это потеря времени и, как следствие, сокращение срока пребывания на острове. Не без труда Андрей убеждает нашего водителя продолжить путь.

Очень глубокий и рыхлый снег, двигаемся почти всё время на первой передаче, каждые 15...20 мин Густ, а затем Александр высовываются из боковых дверей и осматривают гусеницы вездехода по левому и правому бортам — если потеряем хотя бы один палец, соединяющий траки гусениц, и вездеход "разуется", — это катастрофа. Со слов водителя, в полевых условиях привести гусеницу в рабочее состояние без сторонней помощи невозможно. Пока всё в порядке. Вездеход и снегоход останавливаются, далее часть нашего пути пройдёт по льду пролива Сенявина, а учитывая, что зима на Чукотке выдалась аномально тёплой, необходимо крайне внимательно отнестись к этому участку пути. Остаюсь в вездеходе один, все остальные выходят на лёд, и Андрей начинает бурить лунки для определения толщины льда. Вижу, как Александр берёт в руки бур и довольно сноровисто бурит очередную контрольную лунку.

Но вот ребята возвращаются к вездеходу — всё в порядке, толщина льда более 90 см, этого вполне достаточно для того, чтобы продолжить путь. Преодолев морской залив по льду, выезжаем на берег острова Аракамчечен и продолжаем двигаться, но всё также крайне медленно, средняя скорость 12 км/ч. Часть пути пролегала через сопки, и перед подъёмами мы останавливались для установки на гусеницы зацепов.

Ближе к вечеру выезжаем на берег небольшой речки — увы, гораздо левее, чем надо было для удобной переправы. Густ поворачивает вездеход назад, начинает маневрировать и вдруг ... крепкое ругательство и резюме — всё, ребята, приехали. Выясняется, что вышел из строя правый бортовой редуктор, нужна замена, а для этого необходимо вернуться в п. Провидения.

(Окончание следует)



СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

ТРАНСИВЕР



Б. СТЕПАНОВ (UW3AX), мастер спорта СССР,

Г. ШУЛЬГИН (UA3ACM), мастер спорта СССР

Большинство деталей трансивера расположено на трех печатных платах, соответствующих трем его блокам: основному, гетеродинов и усилителя мощности. Фотографии этих печатных плат приведены в первой части статьи (рис. 4). Платы изготавливают из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5—2 мм. В качестве выводов плат используют отрезки посеребренного или луженого медного провода толщиной 1,2—1,5 мм. На рис. 5 показана печатная плата основного блока, а на рис. 6 — блока гетеродинов.

Перед установкой микросхемы ее выводы укорачивают до 10 мм и аккуратно залуживают, обязательно используя теплоотвод (пинцет, плоскогубцы «утиный нос»). Затем выводы вставляют в отверстия печатной платы и, удостоверившись в том, что выводы не перепутаны, распаивают их.

Этой операции следует уделить особое внимание, так как из-за большого количества выводов выпаять неправильно установленную микросхему довольно трудно, особенно, если не использовать специальные насадки на паяльник. Более того, при отсутствии опыта повторная установка микросхемы может привести к повреждению печатных проводников либо самой микросхемы.

Печатные платы основного блока и блока гетеродинов, предназначенные для использования и в многодиапазонном трансивере, разработаны под следующие детали: резисторы (кроме резистора *R2* в основном блоке) — МЛТ-0,25; резистор *R2* в основном блоке — СП4-1; конденсаторы постоянной емкости (кроме электролитических) — КМ-4 и КМ-5, электролитические конденсаторы — К50-6; высокочастотные дроссели — ДМ-0,1, реле — РЭС-15 (паспорт РС4.591.004), катушки индуктивности в усилителе ПЧ и в гетеродине на 500 кГц — трансформаторы ФПЧ-2 от радиоприемника «Селга-404»; кварцевый резонатор *Пэ1* — в корпусе Б1.

Без переделки плат можно использовать и компоненты некоторых других типов. Так, вместо резистора СП4-1 можно применить СПО-0,5, конденсаторы КМ-4 и КМ-5, используемые в цепях развязки, заменить на КЛС и КЛГ, а в остальных цепях — на КТ или КСО. В качестве катушек индуктивности в усилителях ПЧ и гетеродине на 500 кГц при соответствующей небольшой коррекции печатных проводников можно применить трансформаторы ПЧ от любых транзисторных приемников с соотношением витков от 20 : 1 до 10 : 1.

Транзисторы КТ315 могут быть с любым буквенным индексом. Можно также использовать любые кремниевые высокочастотные *n-p-n* транзисторы (КТ301, КТ306, КТ312). Следует лишь учесть, что в качестве *T1* и *T2* основного блока необходимо использовать транзисторы с $B_{ст} \geq 80$, а *T3* (основной блок), *T1* и *T2* (блок гетеродинов) — с $B_{ст} \geq 40$. Транзисторы ГТ402 и ГТ404 можно заменить, например, на транзисторы МП41 и МП38. Однако в этом случае низкоомную нагрузку (с сопротивлением около 10 Ом) можно включать лишь через понижающий трансформатор.

Микросхемы К1УС222 и К1УС221 можно использовать с любыми буквенными индексами, но тогда необходимо подобрать резисторы в цепях питания так, чтобы напряжение на микросхеме не превышало максимально допустимого.

При отсутствии у радиолюбителя микросхем можно сделать их аналоги — модули на транзисторах КТ301, КТ306, КТ312, КТ315. Модулям следует придать форму, допускающую их установку на плате вместо микросхемы.

Диоды КД503 во вспомогательных цепях можно заменить практически любыми кремниевыми или германиевыми высокочастотными диодами с малыми обратными токами (например, Д9К). Для кольцевых смесителей лучше всего подходят современные высокочастотные диоды (КД503, КД509, ГД507), однако вполне удовлетворительные результаты получаются и при использовании диодов Д18, Д311 и т. д. При этом, правда, несколько ухудшится чувствительность приемника (до 1,5—2 мкВ), но остальные характеристики не изменятся.

Варикап КВ102 можно заменить на Д901 или Д902.

Трансформаторы *Тр1—Тр4* кольцевых смесителей намотаны на сердечниках К7×4×2 из феррита 600НН. Можно также использовать ферритовые кольца с проницаемостью 400—1000 и внешним диаметром 7—12 мм. Каждая обмотка содержит 34 витка провода ПЭВ-2 0,15. Наматывают трансформаторы сразу тремя проводами, которые предварительно скручивают в жгут. Следует быть внимательным при распайке обмоток трансформаторов (начала обмоток отмечены на рис. 1 и рис. 5 точками).

Катушка *L4* генератора плавного диапазона намотана на каркасе диаметром 12 мм из фторопласта или полистирола. Она имеет 33 витка провода ПЭВ-2 0,35. Намотка рядовая, виток к витку. Катушка снабжена подстроечным карбонильным сердечником СЦР-1. Ее индуктивность — около 9 мкГ.

Катушки *L1, L2* входного полосового фильтра намотаны на каркасах от КВ контуров приемника «Спидола». Они содержат по 25 витков плотной рядовой намотки проводом ПЭЛШО 0,1 (отвод от 4-го витка, считая от заземленного вывода). Индуктивность катушек — около 6,2 мкГ.

Блок усилителя мощности не предназначен для использования в многодиапазонном варианте трансивера, поэтому подробно он не описывается. В нем применены такие же детали, как и в двух других блоках. Подстроечные конденсаторы — 1КПВМ-1. Входной полосовой фильтр *L1C1C2L2C3* аналогичен ФСС, используемому в приемном тракте. Катушки *L3—L5* намотаны на кольце К12×6×4 из феррита М20ВЧ2 и имеют соответственно 2, 17 и 2 (с отводом посередине) витка провода ПЭВ-2 0,35. Для намотки катушек *L6—L8* использовано кольцо К20×10×5 из феррита М50ВЧ2. Они содержат соответственно 2 (с отводом посередине), 16 и 2 витка провода ПЭВ-2 0,35. Диод КД510 *(Д1)* можно заменить любым кремниевым.

Детали, устанавливаемые методом навесного монта-

Окончание. Начало см. в «Радио»,1976, № 6, с. 17.

жа на шасси (см. рис. 4), могут быть любого типа. Исключение составляют реле *Р1* (РЭС-15, паспорт РС4.591.004) и переменный резистор *R6*. Этот резистор должен иметь высокое качество. Нестабильность сопротивления, неравномерность его изменения будут существенно ухудшать работу трансивера. Из доступных деталей лучше всего для этого применения зарекомендовали себя резисторы СП1, уже находившиеся некоторое время в эксплуатации («притертые»).

Измерительный прибор *ИП1* — с током полного отклонения 0,5—1 А.

Один из возможных вариантов компоновки трансивера приведен на рис. 7. Корпус трансивера образуют две П-образных детали, одна из которых является основанием, а другая — крышкой (на рисунке не показана). На основании *1* с помощью стоек *3* высотой 5—10 мм закреплено плоское металлическое шасси *2*. На шасси установлены платы основного блока *6*, блока гетеродинов *12* и усилителя мощности *4*. Первые две прикреплены к шасси непосредственно (чтобы не произошло замыкание монтажа, в шасси прорезаны прямоугольные отверстия размерами, несколько меньшими размеров плат). Транзисторы усилителя мощности установлены на радиаторе *5*, который представляет собой дюралюминиевую пластину толщиной 5—10 мм. К радиатору на четырех стойках прикреплена плата усилителя.

На задней стенке основания трансивера установлены разъемы для подключения внешних устройств: *7* — общей для приемо-передающего тракта антенны; *8* — головных телефонов или громкоговорителя; *9* — микрофона; *10* — блока питания; *11* — отдельной приемной антенны. На передней стенке основания трансивера закреплены переменные резисторы *14*, с помощью которого осуществляется настройка на рабочую частоту, и *15*, служащий для регулировки усиления приемника, а также выключатель *16* «Прием — передача» и измерительный прибор *17* для контроля тока оконечного каскада усилителя мощности.

Питание трансивера осуществляют от отдельного стабилизированного источника, обеспечивающего на выходе напряжение +12 В при токе до 1 А.

Налаживание трансивера начинают с установки режимов работы транзисторов *Т1* и *Т3* в основном блоке. Для этого переключателем *В1* (см. рис. 4) устанавливают режим «Прием», а движок переменного резистора *R3* переводят в крайнее правое (по схеме) положение. Подбирая резистор *R4* в основном блоке, добиваются, чтобы напряжение на эмиттере транзистора *Т1* было около 2 В. Затем, изменяя сопротивление резистора *R16*, устанавливают напряжение на эмиттерах транзисторов *Т4* и *Т5* равным примерно 6 В.

После этого приступают к настройке блока гетеродинов. К выводу *4* платы подключают высокочастотный вольтметр с пределом измерения 1 В и, вращая подстроечный сердечник катушки *L2*, добиваются появления ВЧ напряжения амплитудой около 0,5 В. Затем ВЧ вольтметр подключают к выводу *2* и проверяют работу генератора плавного диапазона. Необходимое перекрытие — от 4,1 до 4,15 МГц (с запасом на краях примерно по 5 кГц) устанавливают подбором резисторов *R5* и *R7* (см. рис. 4) и подстройкой сердечником катушки *L3*. В случае необходимости в блок гетеродинов можно ввести дополнительный конденсатор (*С3* на рис. 2). Его устанавливают между выводами *6* и *7* платы гетеродинов.

Амплитуда напряжения ВЧ на выводе *2* должна быть примерно равна 1,2 В. Вращая ручку *«Настройка»*, про-

Рис. 5

Рис. 6

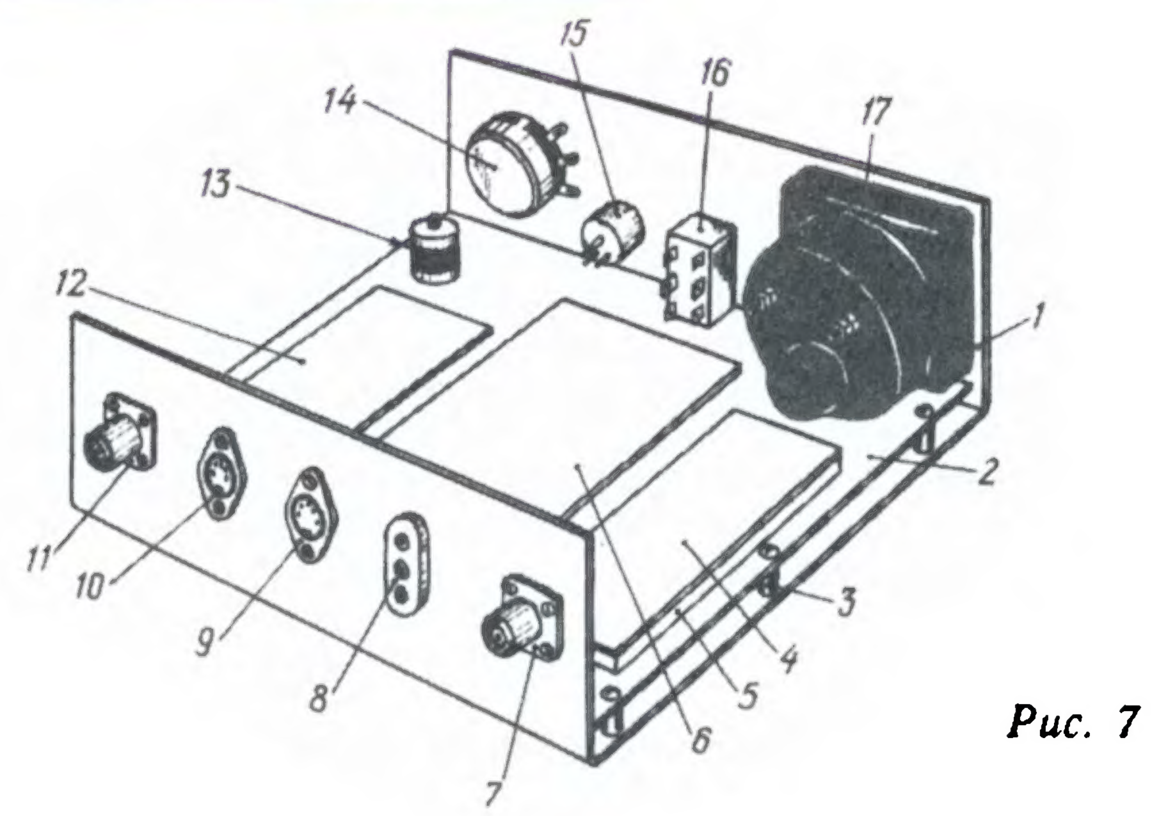


Рис. 7

веряют неравномерность напряжения гетеродина по диапазону. Она не должна превышать 0,1 В.

Теперь можно приступать к настройке радиочастотного тракта — основного блока трансивера. К разъему *Ш2* подключают нагрузку — громкоговоритель с сопротивлением 6—10 Ом или его эквивалент — резистор с таким же сопротивлением и мощностью рассеивания 0,5 Вт. Параллельно нагрузке включают вольтметр переменного тока или осциллограф. Вывод *4* основной платы временно замыкают на корпус, отключая тем самым цепь автоматической регулировки усиления. На этом этапе настройки целесообразно отключить и генератор плавного диапазона.

Коснувшись пальцем или отверткой вывода *4* микросхемы *МС2*, убеждаются в работоспособности усилителя НЧ по появлению фона на выходе.

Параллельно катушке *L4* подключают генератор стандартных сигналов. Установив уровень сигнала 20—50 мВ, изменяют частоту ГСС в районе 500 кГц до появления сигнала на выходе усилителя НЧ. Не изменяя настройки ГСС, уменьшают уровень его сигнала до 20 мкВ и подключают ГСС параллельно конденсатору *С11*. Вращая подстроечный сердечник катушки индуктивности *L3*, добиваются максимального напряжения на выходе усилителя НЧ. Затем ГСС подключают параллельно катушке *L1* и подстраивают катушку *L2* также по максимальному выходному напряжению. При этой настройке уровень сигнала ГСС постепенно уменьшают до 1—2 мкВ.

Если в распоряжении радиолюбителя имеется генератор качающейся частоты на 500 кГц, то можно подобрать конденсаторы *С8* и *С11* по наименьшей неравномерности в полосе пропускания (вопреки распространенному среди радиолюбителей мнению эти конденсаторы практически не влияют на вносимые потери). Выполнить такую настройку без ГКЧ можно только с высокостабильным ГСС. Из-за большой крутизны скатов в провалах частотной характеристики ЭМФ сигнал на выходе трансивера может изменяться на 3—6 дБ только из-за нестабильной работы ГСС (достаточно ухода его частоты на 100 Гц в процессе настройки).

Для настройки входа и выхода ЭМФ с помощью ГСС частоту устанавливают в точке, соответствующей одному из провалов амплитудно-частотной характеристики, и подбором конденсаторов *С8* и *С11* (полезно временно подключить подстроечные конденсаторы) добиваются максимального напряжения на выходе усилителя НЧ. Приведенные в первой части статьи неравномерность в полосе пропускания соответствует случаю оптимальной настройки входной и выходной цепей ЭМФ.

При исправных деталях и потерях в ЭМФ не более 6 дБ чувствительность тракта со входа *L1* должна получиться не хуже 0,5 мкВ. Поскольку в любительских условиях измерить чувствительность лучше 1 мкВ трудно из-за просачивания сигнала, работу тракта следует считать нормальной, если при уровне сигнала ГСС 1 мкВ сигнал заметно (в 10 и более раз) превышает шумы. В отсутствие сигнала уровень шумов на нагрузке 8 Ом усилителя НЧ должен быть не более 10 мВ.

Включив генератор плавного диапазона, настраивают входной ФСС приемника. Для этого на вход приемника подают сигнал от ГСС амплитудой 5—10 мкВ и частотой 3,625 МГц и вращают ручку настройки трансивера до появления на выходе усилителя НЧ приемника сигнала с частотой около 1 кГц. Контуры ФСС *L1C1* и *L2C3* (рис. 4) настраивают по максимальному напряжению на выходе усилителя НЧ.

В процессе настройки радиочастотного тракта необходимо следить, чтобы не перегружались каскады усилителей ПЧ и НЧ. Практически это означает, что напряжение на выходе усилителя НЧ в любом случае не должно превышать 2—3 В.

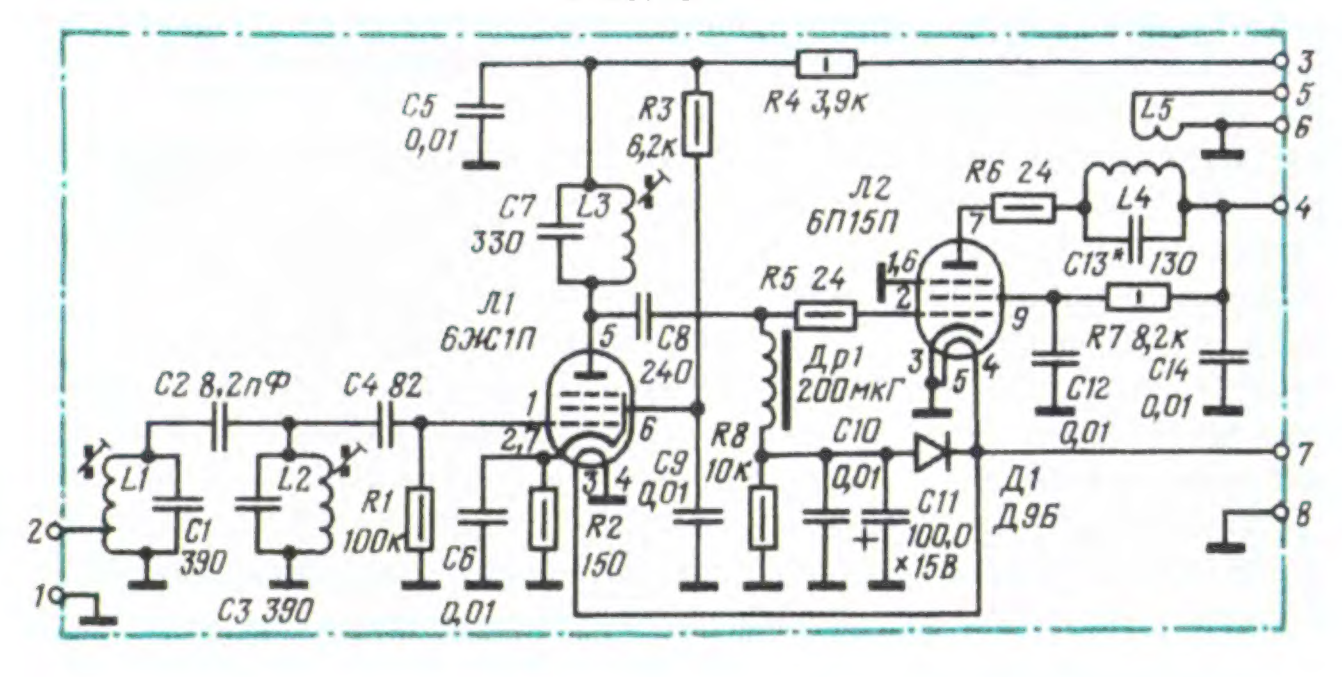
По окончании настройки радиочастотного тракта в режиме *«Прием»* градуируют шкалу трансивера.

Настройку трансивера в режиме *«Передача»* также начинают с основного блока. Питание на усилитель мощности на первоначальном этапе настройки не подают. К разъему *Ш3* подключают микрофон, который радиолюбитель в дальнейшем предполагает использовать с трансивером. К выходу микросхемы *МС3* подключают милливольтметр или осциллограф. Произнося долгое «А» (расстояние до микрофона и уровень громкости должны быть такими же, какими они будут в дальнейшем при работе в эфире), подстроечным резистором *R1* (рис. 4) устанавливают уровень сигнала на выходе микросхемы *МС3* равным 0,1—0,15 В. После этого к выводу *15* платы основного блока подключают отрезок провода и прослушивают на вспомогательном приемнике сформированный SSB сигнал. Максимальное подавление несущей устанавливают с помощью подстроечного резистора *R2*.

Усилитель мощности настраивают отдельно. Подав на него питание, устанавливают режим транзистора *Т1*. Ток через транзистор должен быть равен примерно 50 мА. Его контролируют по падению напряжения на резисторе *R4*, включенном в эмиттерную цепь транзистора *Т1*.

Затем к разъему *Ш1* подключают эквивалент антенны (резистор сопротивлением 75 Ом и мощностью рассеивания около 5 Вт). Его можно составить из нескольких включенных параллельно резисторов большего номинала, например из трех резисторов МЛТ-2 сопротивлением по 220 Ом. На вывод *2* платы усилителя мощности от ГСС подают сигнал частотой 3,625 МГц и амплитудой 0,1—0,15 В. Подключив ВЧ вольтметр к базе транзистора *Т1*, настраивают полосовой фильтр *L1C1C2L2C3*. Затем, включив вольтметр параллельно эквиваленту антенны, последовательно настраивают колебательные контуры *L4C7C8* и *L7C13C14*. В процессе

Рис. 8



настройки величину сигнала ГСС постепенно уменьшают до 20—30 мВ.

Завершают настройку подбором оптимальной связи с антенной изменением числа витков катушки связи *L8*. Критерием настройки служит возрастание выходного напряжения передатчика в два раза при отключении эквивалента антенны. При подаче сигнала от ГСС ток, потребляемый оконечным каскадом, должен быть равен 0,5—0,7 А.

Восстановив соединение основной платы и платы усилителя мощности, проверяют трансивер на передачу в целом. Сигнал прослушивают на вспомогательном связном приемнике.

В отличие от основного блока и блока гетеродинов, в усилителе мощности использованы более дефицитные компоненты. Вызвано это желанием создать полностью полупроводниковый трансивер с выходной мощностью 5 Вт. Попытки же использовать в усилителе мощности менее дефицитные транзисторы успеха не имели. В том случае, если радиолюбитель не достанет транзисторы КТ606 и КТ904, он может выполнить усилитель мощности на лампах. Схема такого усилителя приведена на рис. 8. При использовании с описанным основным блоком, так же как и полупроводниковый усилитель мощности, он обеспечивает пиковую выходную мощность около 5 Вт.

На вывод *2* подают ВЧ сигнал от основного блока, на выводы *3* и *4* — напряжение +290 В, на вывод *7* — переменное напряжение 6,3 В. Выводы *5* и *6* предназначены для подключения антенны. Напряжение питания на вывод *4* подают через измерительный прибор с током полного отклонения 70—100 мА. Схема управления трансивером при этом практически не изменяется. При ламповом усилителе мощности верхние по схеме контакты выключателя *B1* (рис. 4) используют для подачи напряжения +290 В на блок усилителя мощности, а нижние — для подачи напряжения +12 В на остальные блоки трансивера.

г. Москва

КОГДА НОМЕР ГОТОВИЛСЯ К ПЕЧАТИ...

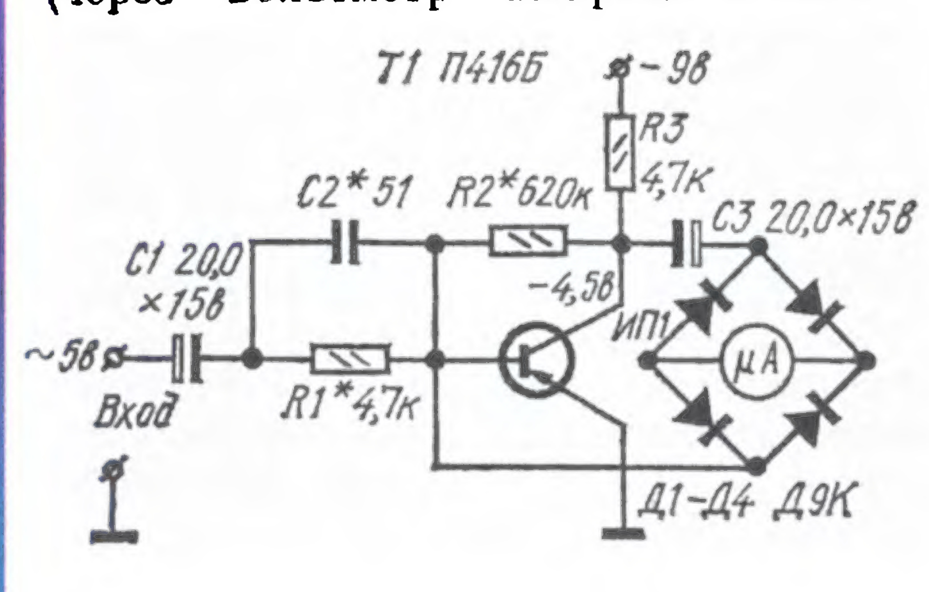
Судьба трансивера «Радио-76» сложилась так, что едва выйдя из «колыбели», он подвергся серьезнейшим испытаниям в суровых условиях Арктики. 16 мая с мыса Челюскин стартовала уже известная нашим читателям женская группа лыжниц «Метелица». Для связи с базовой радиостанцией перехода UK0BAE радист группы Таня Ревтова (UA3ACW/U0ACW) использовала трансивер «Радио-76». Трансивер питался от батареи аккумуляторов, работа велась на антенну «Inverted Vee».

В течение 18 дней группа преодолела расстояние около 400 км и финишировала на острове Октябрьской Революции. Все это время радиосвязь действовала безотказно, работа трансивера получила самые похвальные отзывы.

ВОЛЬТМЕТР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ

Значительная нелинейность прямой ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода при небольших (менее 1 *в*) напряжениях приводит к тому, что шкала вольтметра выпрямительной системы получается нелинейной в диапазоне от 0,2 до 2 *в*. Добавление к вольтметру одного транзистора и нескольких деталей позволяет создать простой вольтметр переменного тока (см. рисунок) с линейной шкалой в указанном диапазоне напряжений.

Вольтметр представляет собой однокаскадный усилитель, собранный на транзисторе *T1*. Каскад охвачен линейной отрицательной обратной связью (по постоянному напряжению) через резистор *R2* и нелинейной связью по переменному напряжению (через вольтметр выпрямительной



системы (*C3*, *Д1 — Д4*, *ИП1*). При малых напряжениях на выпрямительном мосте прямое сопротивление диодов велико. В этом случае эффективность работы выпрямителя мала, но соответственно мала и отрицательная обратная связь, а это значит, что коэффициент усиления каскада максимален. С ростом напряжения на мосте прямое сопротивление диодов уменьшается, что приводит к увеличению эффективности работы выпрямителя и отрицательной обратной связи. В результате коэффициент усиления каскада также уменьшается, что и приводит к линеаризации шкалы вольтметра. Степень линеаризации определяется в первую очередь коэффициентом усиления каскада. Для увеличения входного сопротивления вольтметра на входе включен развязывающий резистор *R1*. Сопротивление этого резистора зависит от тока полного отклонения измерительного прибора *ИП1* и максимального напряжения, которое должен измерять вольтметр.

В вольтметре можно применить любой высокочастотный или низкочастотный транзистор с коэффициентом передачи тока не менее 80—100 и микроамперметр на 100 *мка*. При этом нелинейность шкалы (за исключением небольшого начального участка) не будет превышать 3—5%. Нижняя частотная граница вольтметра определяется емкостью конденсаторов *C1* и *C3*, верхняя — частотными свойствами транзистора *T1* и диодов *Д1—Д4*, а также паразитными емкостями в реальной конструкции. При использовании высокочастотных транзисторов П416 или КТ315 и диодов серии Д9 (с любым буквенным индексом) верхняя граница частотного диапазона — 1—2 *Мгц*. В этом случае для коррекции неравномерности частотной характеристики делителя, образованного резистором *R1* и входным сопротивлением усилительного каскада, параллельно резистору *R1* следует включить конденсатор *C2*, емкость которого подбирают при налаживании.

Режим транзистора *T1* по постоянному току устанавливают подбором резистора *R2* при отключенной цепи нелинейной обратной связи. Затем эту связь восстанавливают, на вход вольтметра подают переменное напряжение, соответствующее верхнему пределу измерений, и подбором резистора *R1* устанавливают стрелку прибора *ИП1* на последнее деление шкалы.

Б. СТЕПАНОВ



Чемпионат в Дресвищах. Взгляд судьи при участниках

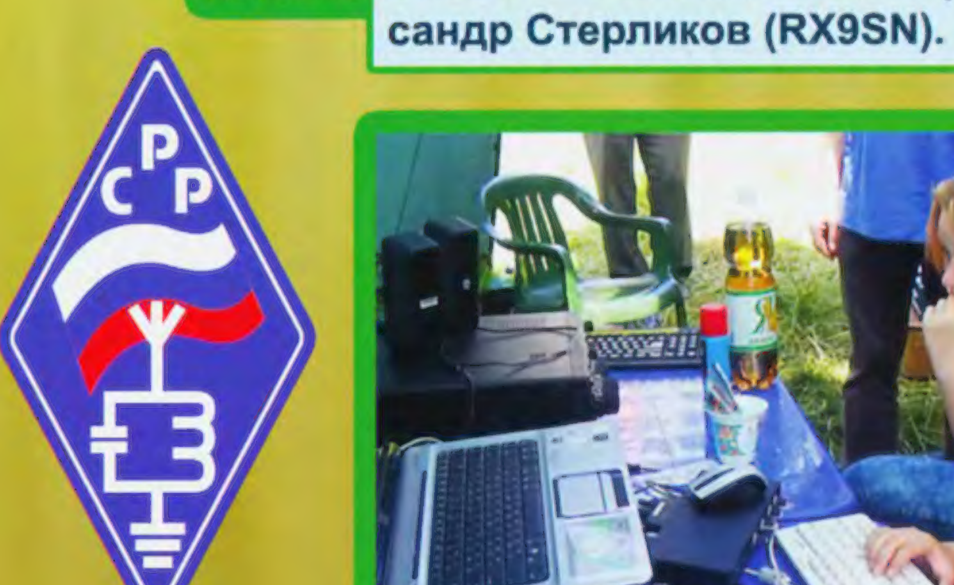
Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

(см. статью на с. 57)



Соревнования закончены. Команда Пензенской области опускает антенну.

Техническая комиссия за работой. Член комиссии Алексей Леунов (UA4H) (в центре) проверяет аппаратуру команды Оренбургской области (RM9T/RX9SN). Слева — Евгений Лыжин (UA9LAQ), справа — Александр Стерликов (RX9SN).





Молодёжная команда Московской области проводит радиосвязи. Слева — Елизавета Ивахненко (UB3DPI), справа — Ксения Емельянова (UB3DPE).



Судьи проверяют работу молодёжной команды Оренбургской области (RU8T/UB8SDV). Слева—направо: заместитель главного судьи Николай Гончаров (RA3TT), спортсмен Артём Артюшкин (RU8T), судьи — Алексей Леунов (UA4H) и Дмитрий Иванов (RA3TU).



Бывший индюшатник, а ныне — контест-позиция RK3T. Отсюда во время соревнований судейская коллегия контролирует эфир.